

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



Využití solárních kolektorů v České republice

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Pavel Kic, DrSc.

Autor práce: Jan Kočka

PRAHA 2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jan Kočka

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Využití solárních kolektorů v České republice

Název anglicky

The use of solar collectors in the Czech Republic

Cíle práce

Cílem diplomové práce je provést zhodnocení možností využití solárních kolektorů v klimatických podmínkách České republiky z hlediska technického a ekonomického. Zaměřit se na posouzení nákladů na investice, předpokládané úspory energie a dodržení potřebných provozních parametrů v budovách. Na základě poznatků z literatury i vlastních úvah a měření provést rozbor možností využití systémů a konstrukčních prvků slunečních kolektorů pro ohřev vody a ověřit je. Navrhnout a doporučit vhodná opatření a řešení pro praktické aplikace.

Metodika

1. Úvod. Konstrukční řešení slunečních kolektorů pro ohřev vody
2. Výpočet potřebných objemových a energetických parametrů
3. Návrh metodiky a měření
4. Ekonomické zhodnocení
5. Závěr a doporučení pro praxi

Doporučený rozsah práce

50 až 60 stran textu

Klíčová slova

Energie; náklady; návratnost; ohřev vody; sluneční záření; využití

Doporučené zdroje informací

Časopisy: Vytápění, větrání, instalace, Klimatizace.

Daniels, K.: Technika budov. Jaga, Bratislava, 2003, 519 s

Nový, R. et al: Technika prostředí. ČVUT, Praha, 2000, 265 s.

Počinková, M.-Čuprová, D.-Rubinová, D: Úsporný dům. Computer press, Brno 2012. 184 s.

Treuová, L.-Počinková, M.: Vytápění. Computer press, Brno 2011. 151 s.

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Pavel Kic, DrSc.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2015

doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 4. 2015

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 16. 03. 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Využití solárních kolektorů v České republice vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom že, na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze dne

... ..
Podpis studenta

Poděkování

Dovoluji si poděkovat vedoucímu mé diplomové práce prof. Ing. Pavlu Kicovi DrSc., za odborné vedení mé diplomové práce. Dále děkuji firmě Viessmann, spol. s.r.o., která mi poskytla odborné informace a rady, které pomohly k vytvoření této práce.

Abstrakt: Cílem této diplomové práce bylo přiblížit trh solárních systémů v ČR a následný návrh solárního systému ve vybraném objektu, v tomto případě RD Divišov. V kapitole „Přehled poznatků z literatury“ jsou nastíněny všeobecné poznatky o Slunci a využití slunečního záření. Dále tato kapitola obsahuje všeobecný přehled solárních kolektorů a následuje přiblížení nezbytných prvků pro fungování solárních systémů. V kapitole „Výchozí podmínky řešeného objektu“ je charakterizován vybraný objekt a popsán současný systém v objektu. Kapitola „Návrh solárního systému v daném objektu“ obsahuje návrh jednotlivých prvků solární sestavy pro ohřev teplé užitkové vody. Jsou zde porovnány varianty s odlišnými požadavky, rozdílnými vstupními parametry a na základě hodnot a grafů vybrána nejefektivnější varianta pro tento projekt. Na konci práce je ekonomické zhodnocení navrženého systému s následným porovnáním se současným systémem a případnou návratností. Práce je ukončena shrnutím celé problematiky.

Klíčová slova: Solární kolektory, energie, náklady, návratnost, ohřev vody, sluneční záření, využití

The use of solar collectors in the Czech Republic

Summary: The aim of this thesis was to approach the market of solar systems in the Czech Republic and the subsequent design of the solar system in the selected object, in this case RD Divišov. In the chapter "Overview of the findings from the literature" there are outlined the general knowledge about the Sun and the use of solar radiation. In addition, this chapter provides a general overview of solar collectors followed by the approach of the necessary elements for the functioning of the solar systems. In the chapter "Default conditions of the solved object" there is characterized the selected one, and there is described the current system in this object. Chapter "The design of the solar system in a given object" includes the proposal of individual elements of the solar set for water heating. There are compared variants with different demands, different input parameters on the basis of values and graphs chosen the most efficient option for this project. At the end, the economic evaluation of the proposed system with the subsequent comparison with the current system and possible return. The work is ended by summarizing of the whole issue.

Key Words: Solar collectors, energy, cost, recoverability, water heating, sunlight, utilization

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Přehled poznatků z literatury	2
2.1 Potenciál využití solárního záření.....	2
2.1.1 Slunce jako zdroj záření.....	2
2.1.2 Množství záření dopadajícího na zemský povrch.....	3
2.1.3 Intenzita záření.....	4
2.1.4 Roční úhrny globálního záření v ČR	5
2.2 Solární kolektory.....	6
2.2.1 Hrubá plocha kolektoru.....	6
2.2.2 Plocha absorberu	7
2.2.3 Plocha apertury	7
2.3 Ploché kolektory	8
2.3.1 Ploché deskové kolektory	8
2.3.2 Ploché vakuové kolektory.....	9
2.4 Trubicové solární kolektory	9
2.5 Koncentrační kolektory.....	11
2.6 Prvky solárních soustav	13
2.6.1 Zásobníky.....	14
2.6.2 Expanzní nádoba.....	16
2.6.3 Solární regulace a čerpací jednotka	17
2.6.4 Odvzdušňovací zařízení a pojistný ventil	19
2.6.5 Uchycení solárních kolektorů a jejich sklon.....	20
3. Cíl práce a metodika	22
3.1 Cíl práce	22
3.2 Metodika	22

4. Výchozí podmínky řešeného objektu.....	24
4.1 Charakteristika objektu	24
4.2 Popis stávajícího systému v objektu	25
5. Návrh solárního systému v konkrétním objektu	28
5.1 Výpočetní nástroj ESOP	29
5.2 Návrh velikosti zásobníku.....	29
5.3 Návrh velikosti plochy kolektorů.....	32
5.4 Návrh velikosti expanzní nádoby.....	45
5.5 Čerpadlo solárního okruhu a regulace	49
5.6 Umístění a uchycení kolektorů	51
5.7 Nemrznoucí směs a návrh potrubí s izolací	52
5.8 Rozpočet projektu - pořizovací náklady	56
5.9 Ekonomické posouzení	57
5.9.1 Provozní výnosy.....	57
5.9.2 Provozní náklady	58
5.9.3 Prostá doba návratnosti, možnost získání dotací	58
6. Závěr	62
7. Seznam použité literatury	64

1. Úvod

Využití sluneční energie neboli solárních termických systémů se postupně dostává do popředí při uvažování úsporného a efektivního způsobu využití obnovitelných zdrojů, kterou stále více investorů a zákazníků řeší jako důležitý aspekt při rozhodování jakým způsobem budou dosahovat tepelné pohody a základních potřeb člověka ve svých novostavbách či již stávajících rodinných domech. Do budoucna se dá očekávat pokles klasických zdrojů energie jako jsou ropa, uhlí a zemní plyn a naopak nárůst cen energií. Proto bychom se měli více zabývat šetřením a úsporou energie, abychom zamezovali rozsáhlému znečištění naší planety. Za zvyšující se poptávkou po systémech, které využívají sluneční energii stojí rostoucí trend instalování ekologičtějších systémů obnovitelných zdrojů do spousty nových objektů. V západním světě jsou termické systémy značně podporovány a dotovány, což má za následek jejich významné rozšíření. Také v České republice se očekává rozšíření solárních systému, jelikož pořízení solárních kolektorů spadá do jednoho z dotovaných programů v novém operačním programu Zelená úsporám, na základě kterého lze ušetřit náklady na pořízení a tedy i zkrátit dobu prosté návratnosti solárních systémů.

Diplomová práce je zaměřena na využití solárních kolektorů v ČR. Využití sluneční energie a popis konkrétních funkcí jednotlivých typů solárních kolektorů. V další části byly popsány nezbytné prvky solárních systémů pro jejich efektivní fungování. V praktické části bude proveden kompletní návrh solárního systému pro využití solární energie na přípravu teplé vody v konkrétním rodinném domě. Návrh bude proveden za pomoci výpočtů a výpočetního nástroje ESOP. V práci bude zhodnocen vliv osluněné plochy, tedy počet kolektorů v závislosti na ohříváném objemu vody z pohledu dvou odlišných typů kolektorů. Následně bude vybrána vhodná varianta a posouzena z hlediska provozních výnosů a nákladů. Porovnání se současným stavem v objektu a závěrečné zhodnocení případné investice, její prostá návratnost včetně postupu pro získání dotace.

2. Přehled poznatků z literatury

2.1 Potenciál využití solárního záření

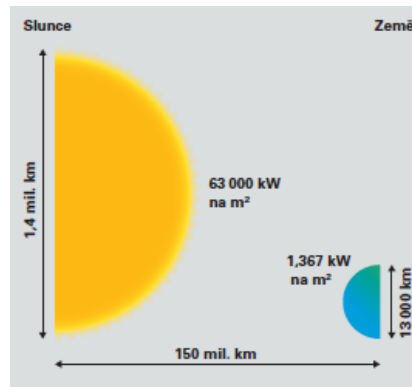
Slunce je od pradávna jedním z nejspolehlivějších zdrojů energie, která je lidem k dispozici. Možností jak využít tohoto zdroje energie pro každodenní potřebu a výrobu tepla je z technologického hlediska nespočet a jsou často i velice promyšlené. Je zde velký potenciál pro ještě větší využití sluneční energie, jelikož případy použití, tak potřebné solární energie nejsou ještě zdaleka vyčerpány. Tato kapitola popisuje z jakých prvků je složeno využitelné sluneční záření, z čeho a případně do jaké míry využít bezplatnou sluneční energii.

2.1.1 Slunce jako zdroj záření

Jako z každého zdroje vychází záření o různých vlnových délkách, tak ani u Slunce tomu není jinak. Délka vycházejících vln je závislá na teplotě. Samotné záření nabírá na intenzitě se stoupající teplotou. Výkon Slunce je mimořádný a to díky jeho vysoké teplotě, která je velice silným zdrojem energie. Uvnitř Slunce probíhají fúzní procesy, přičemž v těchto procesech dochází k tomu, že se atomy vodíku slučují na atomy helia. Hmota v jádru helia je menší než součet jeho jednotlivých částí, čímž vzniká hmotnostní defekt více než čtyři miliony tun za sekundu a to má za následek ohřátí vnitřku Slunce na teplotu okolo 15 milionů stupňů Celsia. Povrch Slunce je v tomto ohledu o něco mírnější, jelikož teplota zde dosáhne oproti vnitřku Slunce pouhých 5 500 °C. Zde také dochází k odevzdání energie ve formě záření, kde intenzita záření odpovídá výkonu 63 MW.m⁻². [1,2]

Parametry Slunce jsou ohromující, průměr Slunce činí 1,4 milionů kilometrů, kdežto průměr Země je oproti tomu značně menší a to jen 13 000 km. Díky velké vzdálenosti Země od Slunce je výkon záření snížen na takovou míru, která umožňuje život na planetě. Vzdálenost mezi Zemí a Sluncem činí přibližně 150 milionů kilometrů (na základě eliptické oběžné dráhy Země okolo Slunce není vzdálenost Země od Slunce konstantní, rozmezí je mezi 147-152 miliony kilometrů), tato ohromná vzdálenost má za následek zmenšení středního výkonu záření, která dosahuje intenzity záření na nejbližším okraji Zemské atmosféry 1 367 W.m⁻², což je hodnota, která je stanovená a je nazývána jako solární konstanta. Tuto konstantu definovala Světová meteorologická organizace WMO. Pro představu je vše zobrazeno na obrázku 1. [1,2]

Obr. 1 Slunce a Země [2]

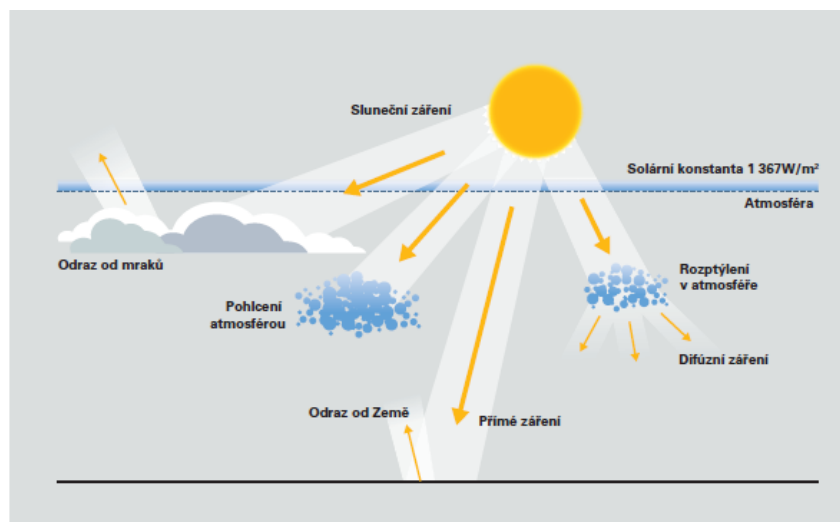


2.1.2 Množství záření dopadajícího na zemský povrch

Při průchodu slunečního záření zemskou atmosférou dochází k řadě souhrnných procesů. Jednotlivé části záření jsou po cestě na Zem rozptylovány, reflektovány či absorbovány. Největší část záření, aniž by došlo ke změně směru, dopadá na Zemi za jasného dne bez výskytu mraků. Takové záření se nazývá jako přímé a nejlépe ho lze soustřeďovat za pomoci zrcadel. K tomu slouží koncentrující systémy, jako jsou parabolické zrcadlo či žlabové zrcadlo.

Atmosféra má různé účinky na celé spektrum záření. Účinky jsou viditelné na obrázku 2. Pokud se na obloze objeví vrstvy mraků, které odrážejí část záření nebo záření dokáže rozptýlit hustší vrstva atmosféry nebo mraků, tak se jedná o difúzní záření. O difúzním záření se dá mluvit i v souvislosti s dopadem na zemský povrch, jelikož dopadající záření se buďto odráží nebo pohlcuje. Jedná se o absorpci, díky které se zemský povrch ohřívá. [2]

Obr. 2 Množství záření na zemský povrch [2]

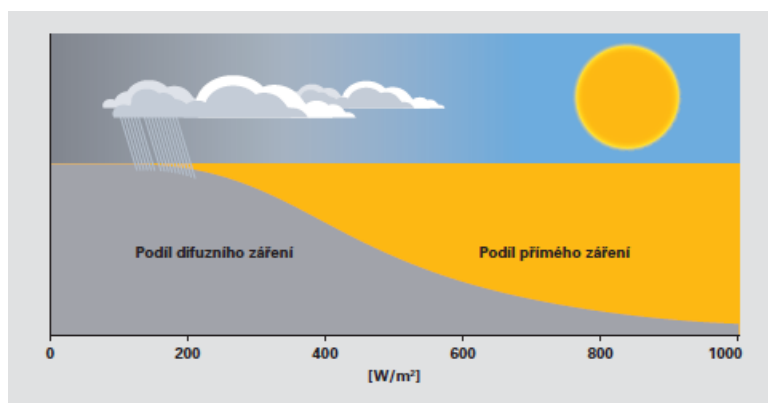


Třetím zářením je globální záření, které je souhrnem dvou předešlých záření a to přímého a difúzního. Z udávané solární konstanty $1\,367\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ dopadne na zemský povrch vlivem atmosféry maximálně asi $1\,000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. V letních měsících, tvoří podíl difúzního záření na globálním v ČR v ročním průměru hodnotu pod 50 % naopak v zimních měsících, tento podíl stoupá nad 50 %. Z těchto důvodů je nutné používat technologie, které velice dobře využívají právě difúzní záření. Větší obsah páry ve vzduchu také nahrává vyššímu podílu difúzního záření a tím více energie globálního záření ubývá. [2,8]

2.1.3 Intenzita záření

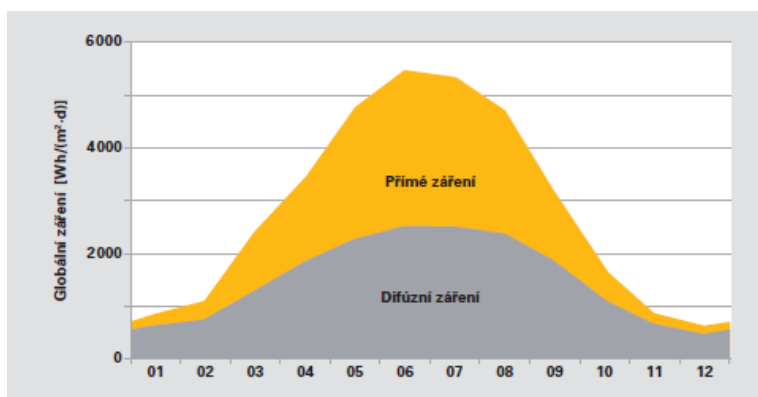
Intenzita záření je výkon záření, který dopadá na definovanou plochu. Z fyzikálního hlediska je intenzita záření výkon připadající na jednu plochu a udává se ve $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$. Velkou roli hraje, zdali je obloha silně zatažená, to se potom intenzita záření pohybuje okolo $50\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ a naopak při velmi jasné obloze se tato hodnota pohybuje až okolo $1\,000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, což je viditelné na obrázku 3. [2]

Obr. 3 Globální záření v ČR [2]



Je velice důležité znát, jaké množství solárního záření se doopravdy přemění na solárně termickou energii. Pro dopočítání je nutné zohlednit délku trvání ozáření. Energie je zde označena výkonem během definovaného časového rozpětí, kde měrnou jednotkou je Wh. Pro tuto energii globálního záření se udávají denní, měsíční a roční úhrny. Maximum, kterého dosahují denní úhrny v České republice, jsou okolo $8\text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ v letních měsících a v zimním období dosahuje denní intenzita záření až $3\text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ (Obr. 4). [1,2]

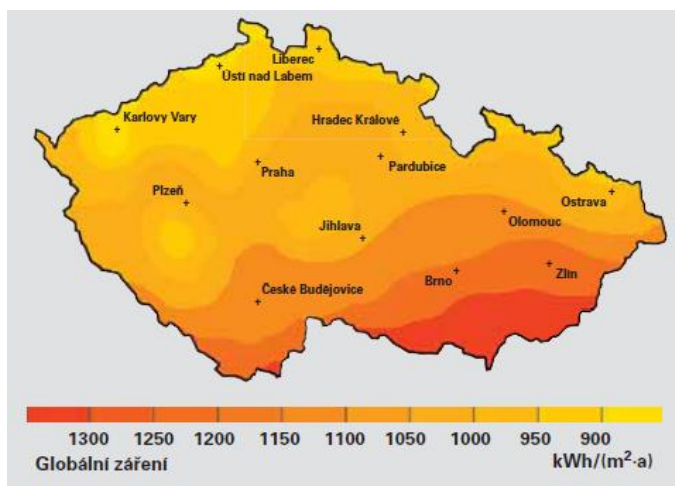
Obr. 4 Sluneční záření v ČR [2]



2.1.4 Roční úhrny globálního záření v ČR

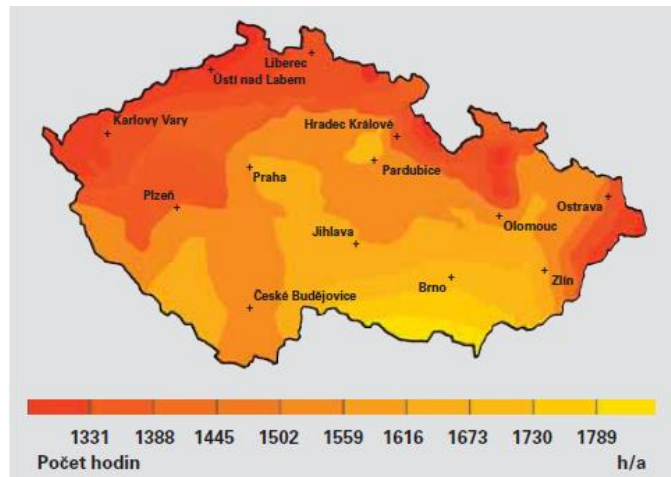
Budeme-li se bavit o průměrných ročních úhrnech globálního záření v České republice, tak tyto roční úhrny dlouhodobě dosahují až $1250 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$. Nejvyšších hodnot je dosaženo v Jihočeském a Jihomoravském kraji. Jen pro představu například na Sahaře dosahuje tato hodnota výše až $2200 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$. Mapa jednotlivých míst České republiky s celoročním úhrnem globálního záření je zobrazena na obrázku 5. Mohou nastat roky, kdy se měsíční úhrny mohou odchýlit až o 50 % od dlouhodobého průměru, ale přeci jenom bývají tyto odchylky pouze výjimečné.

Obr. 5 Mapa globálního záření v ČR [2]



Co se týká počtu hodin solárního svitu, tak se tyto hodnoty pohybují v rozmezí do 1400 až do 1700 $\text{h}\cdot\text{a}^{-1}$. Nejvyšší čísla vykazují dlouhodobá měření na jihovýchodě republiky a naopak nejnižší hodnoty svitu jsou uváděny v severozápadní oblasti, což ukazuje mapa slunečního svitu na obrázku 6. V horských oblastech od nadmořské výšky 700 m.n.m se vyskytuje nárůst globálního záření až o 5 %. [1,2]

Obr. 6 Mapa slunečního svitu v ČR [2]



2.2 Solární kolektory

Nejdůležitější součástí aktivních slunečních systémů jsou právě kolektory. Kolektory jsou určeny k zachycení či pohlcení slunečního záření, které je přeměněno na tepelnou energii a poté dochází k přenesení tepla na teplotonosnou tekutinu. Zařízení je v drtivé většině umístěné venku kvůli dosahu slunečního záření, tudíž jsou kolektory vystaveny vnějším klimatickým podmínkám. Při jejich konstrukci, výrobě a následné montáži je nutné brát tyto vlivy v potaz. Pro dlouhou životnost solárních kolektorů je nutné věnovat velkou pozornost údržbě, provozu a jejich servisu. Technologický vývoj kolektorů je vyspělý a proto se v následujících letech nedají očekávat žádné výrazné změny. Tato část pojednává o základech kolektorové techniky a upozorňuje se zde na rozdíly mezi jednotlivými typy kolektorů a popisují se základní parametry a posuzovací hlediska. [3]

Pro zjištění záznamu o výkonu nebo energetického zisku se u kolektorů používají jako výchozí hodnoty tři odlišné údaje o plochách. Jako standardní veličina pro projektování kolektorového zařízení se používá plocha apertury, v některých případech i ojedinělé využití plochy absorberu.

2.2.1 Hrubá plocha kolektoru

Tato plocha vychází z délky a šířky vnějších rozměrů, tudíž popisuje vnější rozměry kolektoru. Tato plocha není z hlediska výkonu a vlivu na energetické zisky nikterak důležitá, je to údaj, který je důležitý pro montáž a případně pro návrh potřebné střešní plochy. [2]

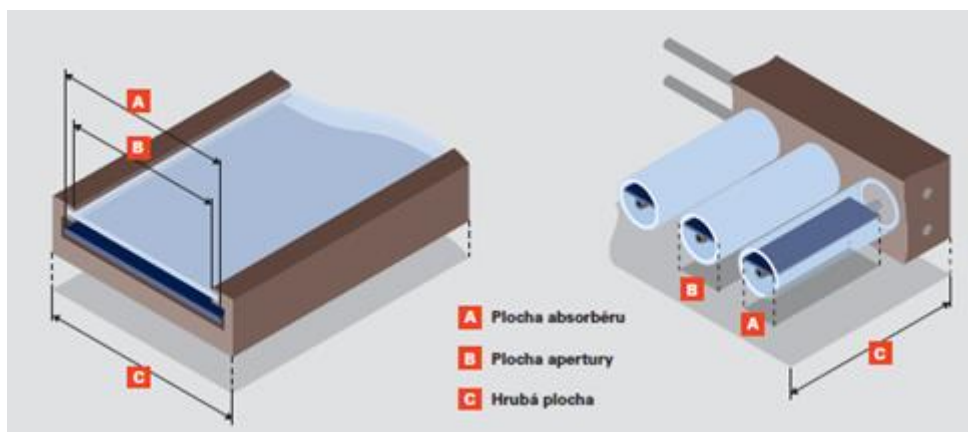
2.2.2 Plocha absorbérou

Absorpční plocha je plocha aktivní, kde se dopadající sluneční záření mění v teplo. Absorbér je zpravidla povrstvený plech, ve kterém jsou nalisovány trubky, přes které se do proudící teplotnosné kapaliny odvádí teplo. Materiál absorbérou je většinou složen z mědi či hliníku. Nanášený povlak, který je na absorbérou je vysoce selektivní a díky tomu se záření může co nejvíce přeměnit na teplo a naopak minimum tepla se ztratí díky sálání horkého absorbérou. Obvykle to je nejmenší plocha na kolektoru, která se dá jen těžce změřit. Pro její zjištění je nutné kolektor rozebrat. Jak již bylo zmíněno výše, tato plocha není standární veličinou pro projektování. Pro projektování je standární používat veličinu jakou je plocha apertury, která je definována v následující podkapitole. [2,7]

2.2.3 Plocha apertury

Oproti hrubé ploše kolektoru se plocha apertury měří o něco snadněji, protože přístup k ní je pohodlně z vnějšku. Plocha apertury je na kolektorech zpravidla navržena jako největší plocha kudy může projít tepelné záření. U plochých kolektorů je plocha apertury ta část, která je viditelná jako plocha skleněné tabule, plocha je vsazená do rámu kolektoru a prochází skrz ní sluneční záření. U trubicových kolektorů je plocha apertury definována jako „*součet podélných řezů všech skleněných trubic*“ (Viessmann, 2009 str. 41). V trubicích jsou v dolní i horní části úseky bez absorbérou, tudíž vždy je plocha absorbérou o něco menší než plocha apertury. Pro lepší představu uvedených definic jednotlivých ploch, je vše upřesněno na obrázku 7. [1,2,7]

Obr. 7 Rozměry jednotlivých ploch solárních kolektorů [2]



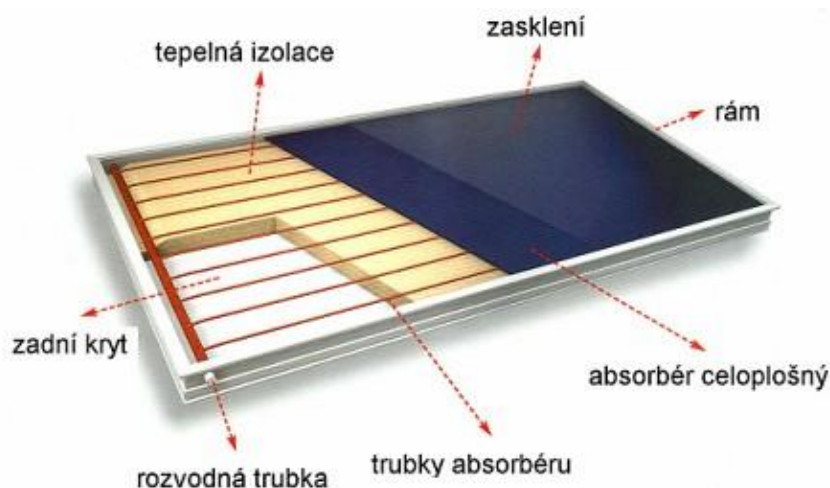
2.3 Ploché kolektory

Ploché kolektory zaujímají na českém trhu většinu používaných typů solárních kolektorů a to až s 85% podílem. Pokud se nejedná o nekryté ploché kolektory, tak mají tyto kolektory zpravidla absorbér chráněný před vnějšími klimatickými jevy hliníkem a povrstveným ocelovým plechem. Přední kryt bývá ze solárního bezpečnostního skla s nízkým obsahem železa. Některé tyto kolektory mají antireflexní povrstvení skla, což vede ke snižování odrazivosti záření. Důležitá je kvalitní izolace jak po stranách, tak hlavně ze zadní části plochých kolektorů, aby nedocházelo k tepelným ztrátám. [4]

2.3.1 Ploché deskové kolektory

Obecně jak již z názvu vyplývá, mají tyto kolektory plochý absorbér a také aperturu. Konstrukce některých plochých kolektorů je z rotačně ohýbaného hliníkového rámu bez ostrých hran a zkosení, některé rámy jsou tvořeny rovnou jako hotový výlisek. Zasklení je utěsněno a odolné proti veškerým povětrnostním vlivům. Zadní strana je opatřena tepelnou izolací a krytem, který je odolný proti proražení (Obr. 8). Kolektory musí dlouhodobě splňovat vysokou efektivitu. U absorbéru jsou dvě varianty provedení. Jednou z variant a zároveň využívanější je absorbér celoplošný a jedná se o kus, který je tvořen jedním plechem. Druhá z variant je absorbér dělený, kde je absorbér dělený do lamel. V kolektorech se nachází trubkový registr, ke kterému je různými způsoby přichycen absorbér. Základní typy uchycení jsou navaření, napájení nebo nalisování. Většina plochých kolektorů má již selektivní povrch absorbéru, ale na českém trhu se zřídka najdou i absorbéry s neselektivním povrchem. Pro případ vytváření vlhkosti, či kdyby docházelo k rosení zasklení, jsou kolektory vybaveny větracími otvory. [4,9]

Obr. 8 Řez plochým kolektorem [4]



2.3.2 Ploché vakuové kolektory

Tyto kolektory oproti klasickým plochým kolektorům využívají sníženého tlaku v prostoru rámu kolektoru, kde se vytváří vakuum, které se pohybuje v rozmezí tlaku 110 kPa. Vytvořením vakua dochází k částečnému omezení volného proudění vzduchu mezi jednotlivými částmi kolektoru, jako jsou zasklení nebo absorbér. Omezením volného proudění vzduchu dochází k nižším celkovým tepelným ztrátám. Ochranu proti prasknutí skla zajišťují rastrově uspořádané opěrné elementy. Pro přehled o tom co se v kolektoru děje, slouží instalovaný manometr, který nám podá informaci o tlaku v kolektoru či o ztrátě vakua. [3,4]

Obr. 9 Ploché vakuové kolektory [5]



2.4 Trubicové solární kolektory

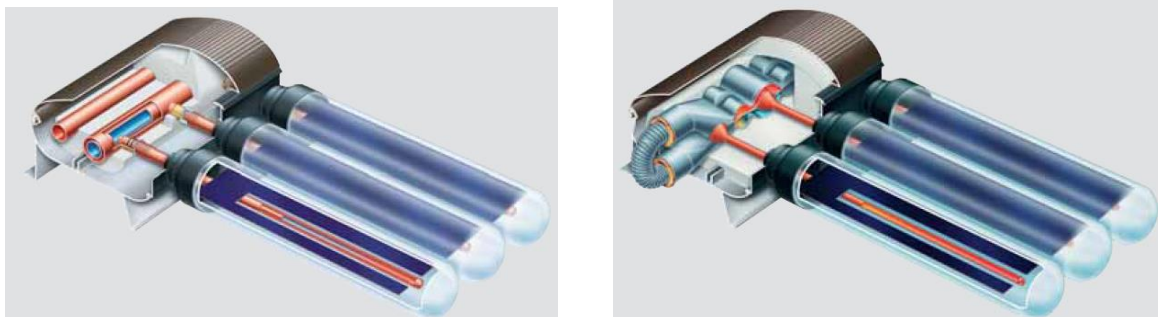
Přeměna světla na teplo na absorbérovi je na plochém kolektoru a trubkovém kolektoru v zásadě úplně stejná. Výrazné rozdíly se však vyskytují u tepelné izolace. U trubkového kolektoru je absorbér v principu podobný jako u termosky, tedy zabudován ve skleněné trubici, ve které je vakuum. Vakuum má dobré tepelně-izolační vlastnosti, tepelné ztráty jsou proto nižší než u plochých kolektorů. Tento aspekt se projevuje zejména při vysokých teplotách a také za provozních podmínek, které lze očekávat při vytápění budovy. Předpoklad pro spolehlivost a dlouhou dobu užívání vakuových trubkových kolektorů je dlouhodobé udržování vakua díky spolehlivému utěsnění. Minimální množství plynu, hlavně vodíku, které do trubice vstoupí, váže tenký film baryum tzv. pohlcovač plynů, který se napařuje na vnitřní stranu trubice.

U vakuových trubkových kolektorů se rozlišuje mezi typem konstrukce s přímým průtokem, který postupně vytlačují kolektory s využitím techniky heatpipe. Ve vakuových trubkových kolektorech s přímým průtokem (Obr. 10) cirkuluje teplotné médium přímo

v trubkách absorbéru uvnitř trubice. Velmi dobře se proto hodí zejména pro montáž, která je nezávislá na poloze kolektoru. Nevýhoda je při výměně poškozených trubic a to z důvodu, že tuto operaci nelze provést, aniž by došlo k vypuštění solárního okruhu. U principu heatpipe (Obr. 11) se v trubce absorbéru, která je uzavřena, odpařuje médium, zpravidla voda. Na horním konci kondenzuje pára v kondenzátoru a zde se předává energie do teplotnosného média. Tento proces vyžaduje určitý úhel sklonu kolektoru, aby mohlo dojít k přenosu tepla z trubice do kondenzátoru, tento sklon je ideální v rozmezí 25-70°. Hlavní výhodou tohoto systému spočívá při nutnosti výměny poškozené trubice, jelikož není potřeba vypuštění celého okruhu a lze trubici jednoduše vyměnit. [2,4]

Obr. 10 Vakuový trubicový kolektor s přímým průtokem (vlevo) [2]

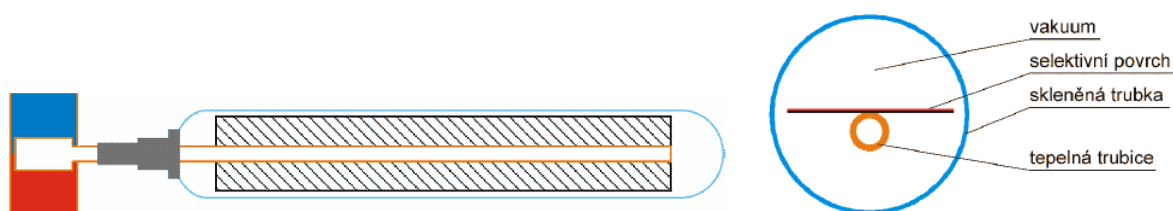
Obr. 11 Vakuový trubicový kolektor s přenosem tepla technikou heatpipe (vpravo) [2]



Jednostěnné trubicové vakuové kolektory

Tyto kolektory jsou tradičním zástupcem trubicových vakuových kolektorů. Jedná se o jednoduchou uzavřenou skleněnou trubku, která je uvnitř opatřena absorbérem pro příjem slunečního záření. Přenos tepla z absorbéru zajišťují trubky ve tvaru U, dále to může být přímo protékaná koncentrická trubka (Obr. 10) nebo tepelná trubice (Obr. 12). U kvalitních trubicových kolektorů je samozřejmostí antireflexní potah trubice pro zvýšení prostupu slunečního záření. Trubky či teplosměnná plocha jsou na absorbér navařovány a to nejčastěji laserově či ultrazvukem. Proto je zde zajištěn velmi dobrý přestup tepla do teplotnosné látky, která v systému obíhá. Zásadní pro efektivní fungování je zajištění dokonalého těsnění prostupu tepelné trubice či potrubí s teplotnosnou látkou skleněnou vakuovanou trubkou. Nevýhoda spočívá v počáteční investici, a proto se často v projektech od varianty s trubkovými kolektory odstoupí. [4]

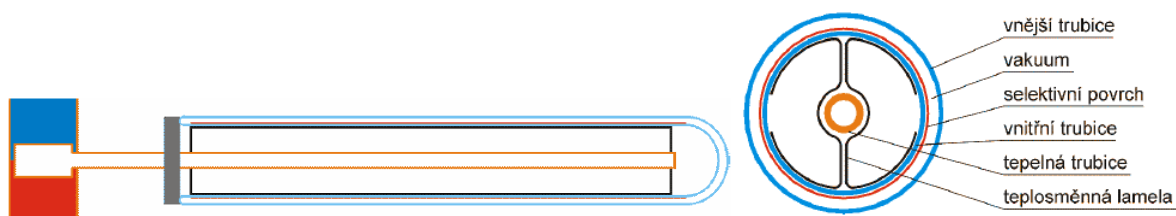
Obr. 12 Jednotěnná trubka s tepelnou trubicí [4]



Dvoustěnné trubicové kolektory

Dvoustěnný trubicový kolektor, někdy nazývaný také jako Sydney trubka jelikož spolupráce na jeho vývoji probíhala mezi Sydney University a Tsinghua University. Jak je již z názvu patrné, kolektor je složen z jedné vnitřní trubky, která slouží jako absorbér a slouží k zachycování slunečního záření a následnému přeměnění na teplo. Vnější strana vnitřní trubky je potažena selektivním povrchem. Druhá vnější trubka má funkci ochrannou před atmosférickými vlivy. Prostor, který vznikne mezi oběma trubkami, je vakuován. Vnitřní provedení a přenos tepla do teplonosné tekutiny je obdobný jako u jednotěnných trubek, tedy přímo protékanou trubicou nebo tepelnou trubicí (Obr. 13). [4]

Obr. 13 Dvoustěnná trubka s tepelnou trubicí [4]

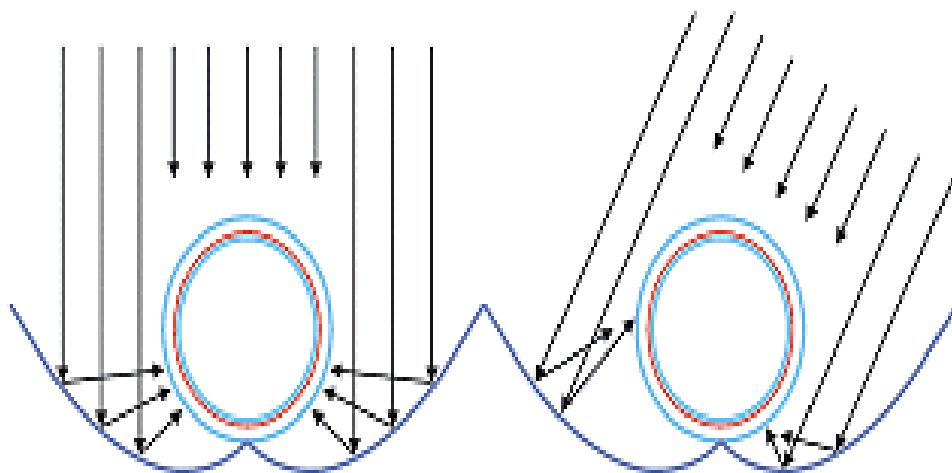


2.5 Koncentrační kolektory

Koncentrační, někdy také nazývané jako soustředující kolektory fungují na principu koncentrace přímého slunečního záření za pomoci odrazu zrcadel či lomem čočkami do místa, kde je umístěn absorbér, tím se mnohonásobně toto záření zvyšuje. Nevýhodou je, že tyto kolektory dokážou soustředit opravdu pouze přímé sluneční záření. Jelikož na našem území převažuje difúzní záření, které bylo přiblíženo v předešlých kapitolách, nemají tyto kolektory v České republice žádné větší smysluplné využití. Za koncentrační kolektory jsou považovány také některé typy plochých a trubicových kolektorů (Obr. 14) a to takové, u kterých je součástí zrcadlo neboli reflektor. Jak již bylo napsáno, tak pro účinné využití soustředujících

kolektorů je zcela zásadní přímé záření a proto v České republice mají tyto kolektory minimální zastoupení. [1]

Obr. 14 Trubicový kolektor s reflektorem [5]



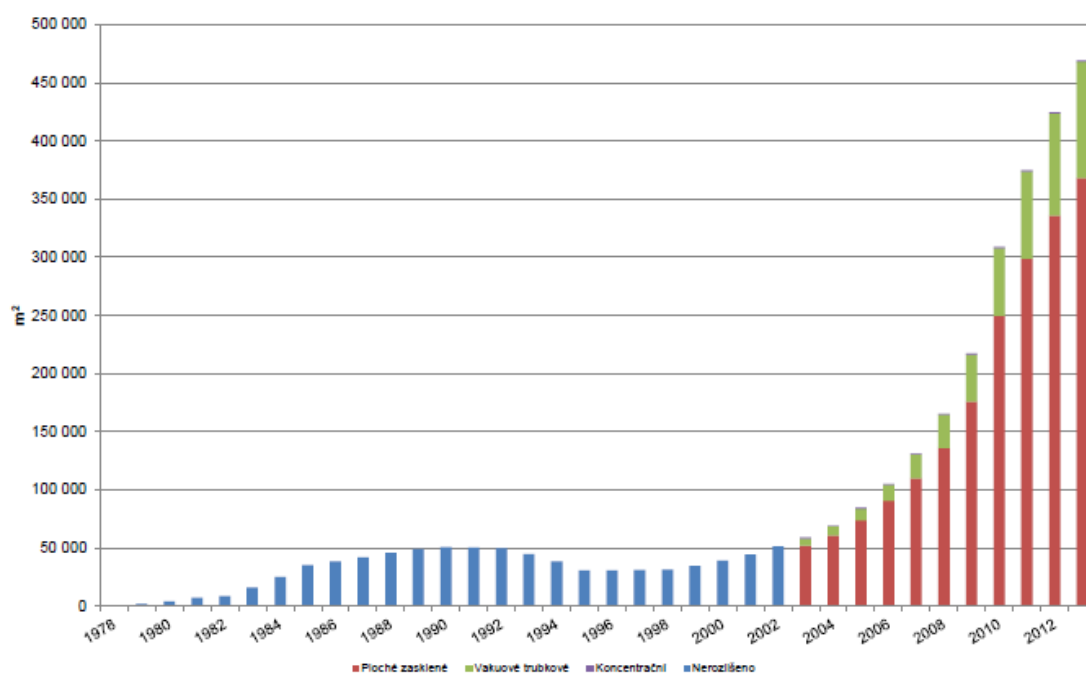
Pro představu jaká je situace na českém trhu ohledně dodávek jednotlivých typů solárních kolektorů slouží tabulka 1. Z tabulky jsou patrné dvě věci. První z nich je převaha instalací plochých deskových kolektorů a to z důvodu jejich ceny a víceméně srovnatelné a hlavně dostačující účinnosti v našich klimatických podmínkách. Druhá zajímavá věc, kterou lze s tabulky vyčíst je nárůst instalovaných kolektorů v roce 2010 na našem území a to lze přisuzovat dotačnímu systému, což lze očekávat právě i v následujících letech.

Tab. 1 Vývoj dodávek solárních kolektorů na český trh [6]

Vývoj dodávek solárních kolektorů na český trh v m ²							
Rok	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Ploché zasklené kolektory	19 122	26 014	39 852	73 898	49 150	37 000	32 306
Vakuové trubkové kolektory	6 555	8 511	11 817	17 719	16 650	13 000	12 225
Koncentrační kolektory	0	25	0	100	0	0	0
Celkem	25 678	34 550	51 669	91 717	65 800	50 000	44 531

Vzrůstající oblibu solárních systémů dokazuje i jeden z grafů, z kterého lze vyčíst rostoucí trend využití solární technologie při instalaci do novostaveb či zakomponování do již stávajícího objektu.

Graf 1 Vývoj plochy činných solárních kolektorů v ČR (m²) [6]



2.6 Prvky solárních soustav

V předešlé kapitole je popsáno základní rozdělení a nabídka kolektorů. Samotný kolektor nám však k přeměně sluneční energie na teplo nestačí. Pro správnou funkčnost celého solárního systému je zapotřebí kompaktnost všech jednotlivých součástí, teprve potom může dojít k přesnému a výkonnému přenosu sluneční energie. Základní nastínění propojení solárního systému s hlavním zdrojem tepla v rodinném domě je vyobrazeno na obrázku 15. Jsou zde zobrazeny pouze určité části systému, konkrétně v tomto případě se jedná o bivalentní zásobník teplé užitkové vody (TUV), čerpadlo solárního okruhu, hlavní zdroj tepla (kotel), expanzní nádoba a solární kolektory umístěné na šikmé střeše objektu. V této kapitole jsou rozebrány jednotlivé prvky solárních soustav, které dohromady zajistí správnou funkčnost systému. Vše závisí na správném nadimenzování a následném zapojení. [13]

Obr. 15 Řez zapojení solárního systému [10]



2.6.1 Zásobníky

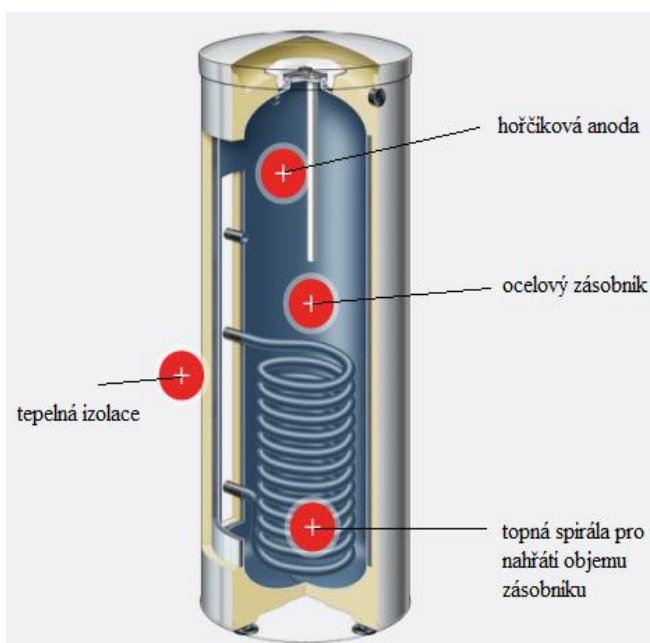
U solárních tepelných zařízení je nutné vyrobenou energii, ale i její potřebu sledovat nejenom z hlediska kvantity, ale je velice důležité sledovat všechny ostatní věci v jejich časovém průběhu. U solárních systémů se klade velký důraz a význam právě na zásobníky, na rozdíl od ostatních zdrojů tepla, kde je instalovaný výkon stále k dispozici. Na našem trhu je k dispozici nepřeberné množství kombinovaných zásobníků pro ohřev vody za pomoci solárních tepelných soustav, které kombinují ohřev TUV a vytápění, avšak pouze některé z nich dosahují požadovaných parametrů, jako jsou životnost, účinnost (ztráty tepla), bezpečnost či ekologie. Zásobníkové ohřivače se většinou skládají z ušlechtilé oceli s vrstvou smaltu. Jelikož výroba není zcela bezporuchová a najdou se zde slabší místa, je nutná dodatečná ochrana proti korozi za pomoci obětní, hořčíkové anody. Teplo ze solárních kolektorů je za pomoci proudící nemrznoucí směsi předáváno přes výměník v dolní části zásobníku do otopné vody. Zásobník je plný užitkové vody, která se do zásobníku dostává trubicí ve spodní části z vodovodního řadu. Spodním výměníkem prochází již zmiňovaná nemrznoucí směs a předává teplo vodě v zásobníku. Toto teplo stoupá zásobníkem postupně nahoru, kde je napojení na vývod, kterým se vede teplá voda již na konkrétní místa, jako jsou sprcha, umyvadlo či dřez. Po předání tepla koluje směs v trubicích za pomoci čerpacích jednotek zpět nahoru na střechu do kolektoru, kde se opět ohřeje a takto cyklus pokračuje stále dokola a je plně samostatný. Nedílnou součástí zásobníku je čidlo teploty v zásobníku

pro samostatné spínání čerpací jednotky podle kolísání a nastavení požadované teploty TUV. [4,11,12]

Monoaletní zásobník

Zásobník má využití především v místech, kde stávající zařízení bude doplněno o napojení solárního systému, nebo zde bude požadavek ponechat současný a dále ho využívat. Zapojení těchto zásobníků bývá před stávajícími ohřívači užitkové vody. Díky takovému zapojení lze dosahovat velkých solárních zisků. Ohřev vody probíhá za pomoci jedné spirály (Obr. 16), která dosahuje až na dno zásobníku. Nevýhoda spočívá v požadavku na velký prostor pro umístění dvou zásobníků. [14]

Obr. 16 Monoaletní zásobník [15]



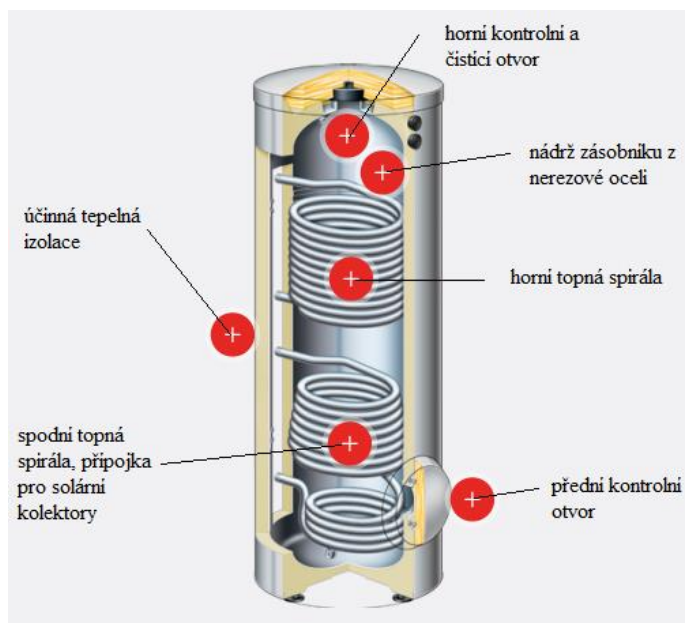
Bivalentní zásobník

Volba na tyto zásobníky převážně padne v případě, pokud se jedná o novostavbu, tedy o zcela nový návrh topného zařízení pro ohřev pitné vody. Bivalentní ohřívač disponuje dvěma tepelnými výměníky. Spodní výměník je určen pro napojení solárního okruhu (Obr. 17) a druhá spirála slouží k dodatečnému dohřevu zásobníku za pomoci kotle.

Zásobníkové ohřívače hrají při návrhu solární techniky významnou roli, ne nadarmo se říká, že vhodně navržený zásobník je stavebním kamenem pro efektivní fungování solárního systému. Pro objekt může být navržen sebelepší solární kolektor, ale ve spojení s chybně navrženým zásobníkem, bude docházet k nízkým tepelným ziskům, což napomáhá k nízkému

krytí potřeby tepla. Z této podkapitoly vyplývá důležitost správného návrhu a je nutné tomuto tématu věnovat zvýšenou pozornost. [4]

Obr. 17 Bivalentní zásobník [15]

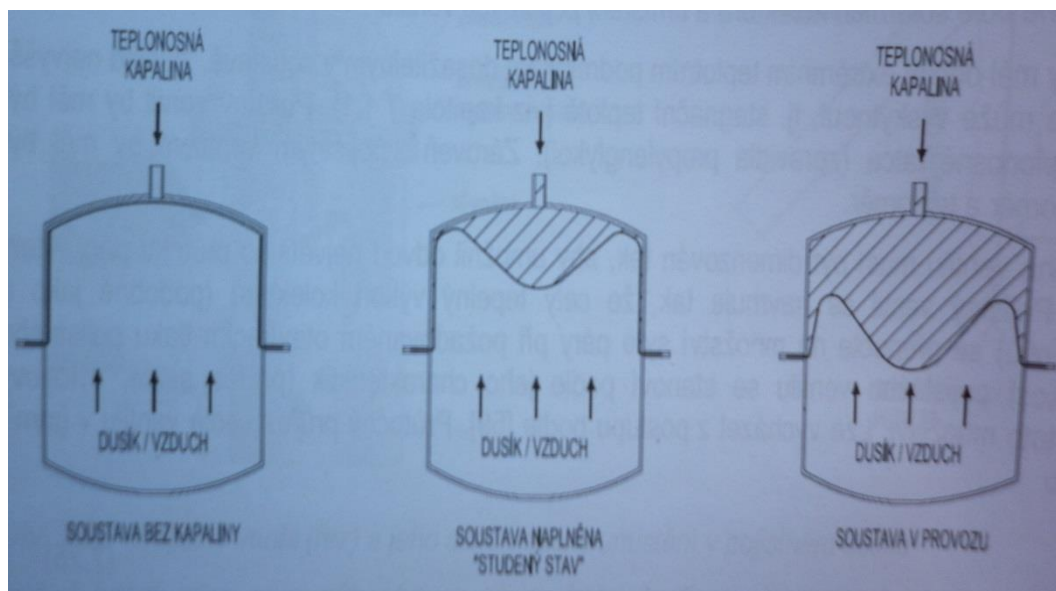


2.6.2 Expanzní nádoba

U solárních soustav je nezbytnou součástí expanzní nádoba. Nádoba slouží k udržení tlaku v rozmezí minimálního a maximálního možného provozního tlaku a umožňuje změny objemu teplotnosné kapaliny vlivem tepelné objemové roztažnosti bez nedovoleného zvýšení tlaku a zbytečných ztrát kapaliny způsobených otevřením pojistného ventilu, z toho vyplývá, že je schopna bez zbytečné ztráty udržet přetlak v solární soustavě v předepsaných mezích při všech provozních stavech. Pro představu a pochopení principu tlakové expanzní nádoby je k dispozici obrázek 18. Jedná se o kovovou nádobu, která je uprostřed rozdělena pružnou membránou a zajišťuje oddělení teplotnosné kapaliny solárního okruhu od stlačeného plynu. Plynem bývá zpravidla dusík či vzduch, který je z výroby již nastaven na určitý počáteční tlak. Expanzní nádoby pro solární systémy by měly splňovat odolnost vůči působení vysokých teplot a tlaků. Obvyklé objemy expanzních nádob od výrobců jsou k dispozici v rozmezí 10, 12, 18, 25, 35, 50 a i 80 litrů. Přes rok dochází ke dnům, kdy nejsou při slunečním svitu v objektu žádné odběry tepla, což znamená, že teplota v kolektoru a přilehlých potrubí může dosáhnout až 250 °C. Jedná se o stagnační teplotu, která je zároveň maximální teplotou a má za následek tvoření páry v kolektorech. Při bodu varu, který je závislý na tlaku v solární soustavě, dochází k odpaření části teplotnosné kapaliny. Pokud dojde k poklesu teploty v kolektorech, tak pára teplotnosné kapaliny kondenzuje a vytlačena

teplonosná kapalina se vrací zpět do kolektorů. Návrh včetně výpočtu bude uveden dále v této práci, konkrétně v praktické části.[4,16]

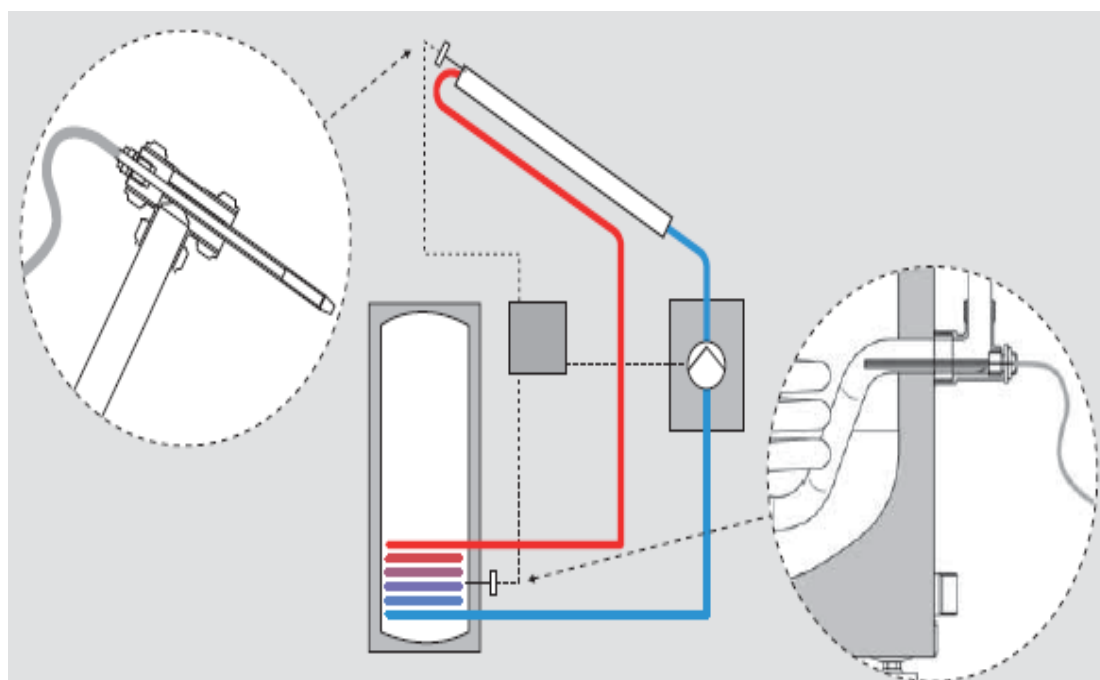
Obr. 18 Funkce expanzní membránové nádoby [4]



2.6.3 Solární regulace a čerpací jednotka

Elektronické regulace jsou neméně důležitou součástí solárních systémů. Regulace zajišťuje samostatný automatický bezobslužný provoz, který spočívá v zapínání a vypínání čerpadla. K sepínání čerpadla dochází při nastavených diferencích. Nejběžnější rozmezí pro spínání je 5-20 K a pro vypínání čerpací jednotky se diference pohybuje v rozmezí 0-5 K. Další typy nastavení, ze škály nabízených možností, které digitální regulátory umožňují, můžeme zmínit nastavení omezení maximální teploty pro zásobník. Regulátor vypne čerpadlo při dosažení maximální teploty (60-90 °C) díky teplotnímu čidlu umístěnému uvnitř zásobníku. Další velice důležité čidlo je umístěno na kolektoru, které komunikuje s regulací a jsou nastaveny maximální a minimální teploty. Čidlo kolektoru musí být mimořádně odolné proti povětrnostním vlivům a vysoké teplotě, jelikož v solárním systému se vyskytují vyšší teploty než v klasickém topném okruhu. Správné umístění teplotních čidel je naznačeno na obrázku 19. [4]

Obr. 19 Správné umístění teplotních čidel [2]



Za pomoci těchto čidel a nastavení požadovaných diferencí se regulace stává samoobslužnou a na základě teplotních rozdílů v kolektoru a zásobníku se spouští čerpadlo a čerpá nemrznoucí směs, která je napuštěna v solárním systému. Bod zapnutí pro čerpadlo solárního okruhu se musí zvolit tak, aby se vyplatila přeprava tepla z kolektoru k zásobníku, tepelný výměník má tedy k dispozici dostatečně velký teplotní rozdíl mezi teplonosným médiem a vodou zásobníku. Nemělo by se stát, že systém při začínající přepravě tepla z kolektoru zase hned vypne z důvodu studeného tepelného média, které se k čidlu kolektoru dostane z potrubí. Trend jako ve většině technických odvětvích směřuje k ekonomickým úsporám a tak ani u těchto systémů, není výjimkou propojení oběhového čerpadla s elektronickou regulací (Obr. 20), což vede ke snížení energetické náročnosti na provoz oběhového čerpadla. Funkce pro snížení či zvýšení průtoku systémem je závislá na již zmiňovaných teplotních diferencích a také na samotné intenzitě slunečního záření. Zmíněná nemrznoucí směs, která v systému proudí je nezbytná pro celoroční provoz a to hlavně v zimních měsících, kdy chrání systém před poškozením mrazem. Základem média je zpravidla voda pro svou vysokou tepelnou kapacitu a vodivost. Proto, aby tepelné médium nezamrzlo, se do vody přidává nemrznoucí prostředek, obvykle propylenglykol v poměru asi 40% objemu. Teplota varu je u 188 °C. Pro správný a ekonomický provoz solární soustavy je samozřejmě vše postaveno na zapojení a nastavení odbornou montážní firmou při uvádění systému do provozu. [4,17,20]

Obr. 20 Čerpadlová skupina s integrovanou regulací [18]



2.6.4 Odvzdušňovací zařízení a pojistný ventil

Kvalitní odvzdušnění okruhu je základní kámen pro bezchybný provoz solárního systému. U všech případů plnění topných zařízení, tak i u solárních kolektorů se v okruhu vyskytuje vzduch. Po naplnění teplotnosnou látkou se většina vzduchu vytlačí, ale část vzduchu v kapalině zůstane. Pokud se v kolektorovém okruhu vyskytuje vzduch, způsobuje hluk a celkově ohrožuje bezpečné proudění kolektory. Odvzdušňovače bývají ve dvou provedeních, ruční a automatické. Jelikož systémem proudí teplotnosné médium, u kterého odloučení vzduchu trvá déle, než u vody je dobré využít automatický odvzdušňovač. Pokud se dlouhodobě vyskytuje v čerpadle vzduch, může dojít k jeho přehřívání a z toho plyne i následné poškození. Umístění odlučovače vzduchu záleží na vedení a délce potrubí. Jednoduché přímočaré vedení potrubí nevyžaduje umístění odlučovačů u kolektorů na střeše jako v případě velkých úskoků při vedení potrubí, ale postačí umístění na potrubí ve směru proudění kapaliny před tepelným výměníkem v zásobníku. Je důležité věnovat pozornost na dosah páry v potrubí. [1]

Pojistný ventil v soustavě slouží k vypouštění teplotnosné kapaliny ze solárního zařízení při překročení zvoleného maximálního tlaku zařízení, tato hodnota bývá nejčastěji dimenzována na 6 bar a teplotu 120 °C. Reakční tlak pojistného ventilu je dle ČSN EN 3320 [29] maximální tlak zařízení +10 %. Pojistný ventil musí být dimenzován podle ČSN EN 12975-1+A1 [30] a ČSN EN 12977-1 [31], musí se sladit s tepelným výkonem kolektorů a musí být schopen odvést jejich maximální výkon. Maximální výkon kolektoru se odvodí při vynásobení jeho optickou účinností a záření, které dopadne na zem vlivem

atmosféry asi $1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Lze použít pouze ventily, které mají označení velké "S", což znamená označení solar. Jejich montáž je na vstupu solárního zařízení ve směru toku. Je důležité, aby zde hodnoty nepřekročily teplotu $120 \text{ }^\circ\text{C}$. [1]

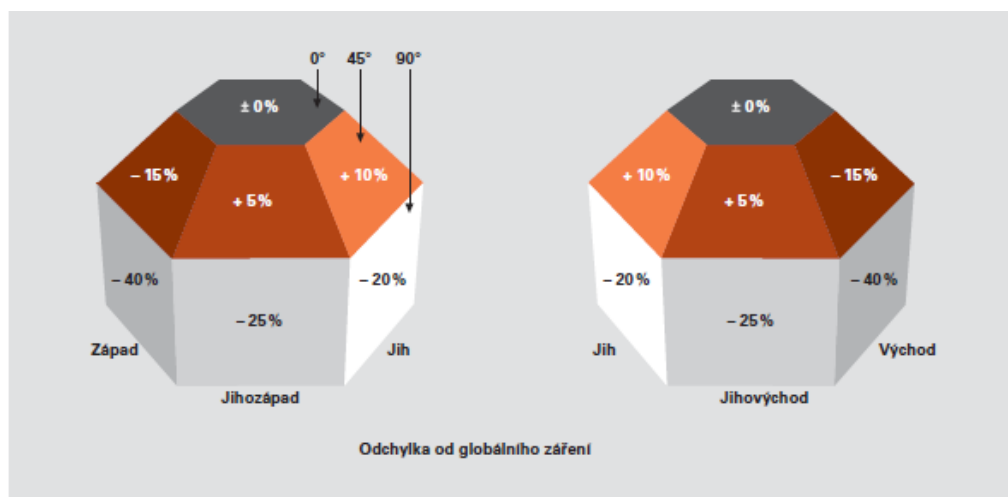
2.6.5 Uchycení solárních kolektorů a jejich sklon

Zcela zásadní je pro efektivní využití solárního systému sžití kolektorů s objektem, tedy jak ekonomické tak architektonické upevnění solárních kolektorů na rodinný dům. Kolektory jsou po celou dobu životnosti vystaveny klimatickým podmínkám, musí odolávat povětrnostním vlivům, ale také korozi. Je žádoucí, aby kolektory byly staticky bezpečné a ochráněny před bleskem. Na trhu je již k dispozici nepřeberné množství typů upevnění. Od upevnění na plochu, šikmou střechu, střechy z vlnitými taškami a další druhy krytin až po upevnění na fasády objektů jako design a splynutí s daným objektem. Při rozhodování o umístění kolektorů je dobré uvažovat do budoucna, zdali není potenciální možnost nějakého zastínění v průběhu let, většinou se jedná o stromy v blízkosti objektu, které mohou přispět k neočekávanému zastínění v horizontu několika let.

Sklon kolektoru a orientace ke Slunci je velice důležitým aspektem při navrhování solárních soustav. Hodnoty pro energii globálního záření se vztahují na horizontální rovinu. Tyto hodnoty ovlivňuje sklon přijímací plochy. Je-li přijímací plocha nakloněna, mění se úhel ozáření, intenzita záření a tím i množství energie. Roční úhrn energie globálního záření dopadajícího na plochu je tedy také závislý na jejím sklonu. Množství energie je největší, když záření dopadá na přijímací plochu v pravém úhlu. Jelikož se tohoto sklonu v našich zeměpisných šířkách vztaženo na horizontálu nikdy nedosáhne, dá se tomu dopomoci nakloněním přijímací plochy. V České republice se na přijímací plochu se sklonem 35° při nasměrování na jih ve srovnání s horizontální polohou vyzáří v průměru asi o 12 % energie více.

Nasměrování přijímací plochy je dalším faktorem pro výpočet množství energie, která se očekává. Na severní polokouli je nasměrování na jih optimální. Odchyly přijímací plochy od nasměrování na jih popisuje úhel azimutu. Plocha, která je nasměrována na jih má úhel azimutu 0° . Na obrázku 21 je zobrazeno vzájemné působení nasměrování a sklonu. Ve srovnání s horizontálou z toho vyplývají větší a menší výtěžky. Mezi jihovýchodem a jihozápadem při úhlech sklonu mezi 25° a 70° se dá vymezit oblast, ve které jsou solární energetické zisky kolektoru optimální. Větší odchyly, kupříkladu na fasádách domů, lze kompenzovat zařazením více kolektorů, tudíž větší plochou. [1,2]

Obr. 21 Sklon, orientace, ozáření [2]



3. Cíl práce a metodika

3.1 Cíl práce

Cílem této práce je ukázat využití solárních kolektorů v ČR. Představit různé typy kolektorů včetně nezbytných prvků pro efektivní fungování. Ukázat návrh solárních systémů s využitím sluneční energie pro ohřev teplé užitkové vody v rodinných domech. Přiblížit potenciál využití solární energie v závislosti na ploše kolektorů a požadovaném objemu ohřívání vody. Cílem je také zhodnocení investice s posouzením nákladů a výnosů. V neposlední řadě posouzení návratnosti z hlediska životnosti solárních systémů včetně uvedení postupu při žádosti o získání případné dotace.

3.2 Metodika

Tato práce je složena z teoretické a praktické části, které na sebe plynule navazují za účelem ukázky využití této technologie a následném návrhu solárního systému v konkrétním objektu RD Divišov, umístěného v okrese Benešov.

Teoretická část se věnuje celkové problematice zadaného tématu, která je zpracována jako literární rešerše a jsou zde poznatky o slunečním záření dopadajícího na zemský povrch, dále poznatky o nejvyužívanějších typech solárních kolektorů a v poslední kapitole teoretické části je uveden přehled jednotlivých prvků pro efektivní využití solárního zařízení včetně ukázek a doporučení pro správný výběr.

V praktické části je řešen návrh kompletního solárního ohřevu TUV jako doplnění ke stávajícímu topnému zdroji, kterým je elektrokotel. V první části je popsán a zhodnocen současný ohřev TUV v objektu včetně výpočtů měsíčních a ročních energetických nákladů na ohřev teplé vody. Druhá část je již samotný návrh solárního systému a jeho jednotlivých prvků ve zvoleném objektu za pomoci výpočtů z projekčních podkladů a za použití výpočetního nástroje ESOP. Nejdříve následovala schůzka s investorem a rozprava o všeobecných poznacích, jak je spokojen se svým stávajícím topným systémem. Z jakého důvodu se rozhodl pro realizaci a uskutečnění návrhu solárního systému. Kolik ho stojí roční náklady na ohřev TUV a v neposlední řadě co očekává od solárního systému v případě jeho realizace. Po zjištění odpovědí na tyto otázky, došlo na konkrétní měření v místě objektu. Byly změřeny případné délky potrubních rozvodů, bylo zjišťováno, zdali je v současném topném systému využíváno cirkulační čerpadlo, následně bylo posuzováno vhodné umístění solárních kolektorů. Po obhlédnutí rodinného domu bylo rozhodnuto o umístění na šikmé

střeše orientované směrem na jihozápad. Z technických podkladů rodinného domu byl zjištěn sklon střechy. Ostatní potřebné parametry byly zjišťovány za pochodu, při tvorbě diplomové práce. Spolupráce na projektu probíhala s firmou Viessmann, spol. s.r.o.

Při realizaci projektu bylo využito výpočetního nástroje ESOP pro návrh solárních systémů. Po zadání vstupních hodnot, které jsou k nahlédnutí v příloze č. 1, byly následně vyhodnocovány odlišné kombinace solárních systémů pro RD Divišov. Z vyhodnocených grafů (stupeň využití jednotlivých typů kolektorů a podíl solární energie na přípravě TV) byla vybrána nejvhodnější varianta pro řešený objekt. Na základě zvolených solárních kolektorů byly provedeny návrhy ostatních komponentů solární soustavy. Podle navrženého projektu byly poptávány cenové nabídky (Příloha 2a, Příloha 2b), dle kterých byla zhodnocena případná investice, náklady a výnosy. Porovnání úspor oproti současnému systému a v poslední části je nastíněna návratnost systému v závislosti na životnosti konkrétní poptávané solární soustavy včetně možnosti získání dotace.

4. Výchozí podmínky řešeného objektu

Na základě požadavku majitele RD v obci Divišov doplnit stávající systém v objektu solárním systémem za účelem ohřevu TUV a využít potenciál z těchto systémů vznikla tato praktická část a návrh solárního zařízení za pomoci výpočtů a návrhového programu ESOP. V této kapitole se seznámíme s vybranou nemovitostí, je zde popsán stávající systém ohřevu vody v tomto objektu se současnými energetickými náklady.

4.1 Charakteristika objektu

Jak již bylo zmíněno, dům (Obr. 22) pro který je určen tento projekt s návrhem solárního zařízení se nachází v obci Divišov, okrese Benešov. Pro výpočty roční potřeby tepla a tepelné ztráty objektu, které jsou vypočteny v technické zprávě domu, je venkovní výpočtová teplota pro tuto oblast $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pro objekt byla vypočítána tepelná ztráta objektu $19,48\text{ kW}$, která je společně s hodnotou roční spotřeby tepla včetně vytápění a ohřevu TUV zobrazena v technické zprávě a konkrétně byla stanovena na $42,20\text{ MWh.rok}^{-1}$ (Příloha č. 3). Použitým palivem, čili zdrojem tepla je elektrokotel o výkonu 21 kW . Budova se skládá ze dvou pater, přízemí a 1.NP. Objekt je celoročně obydlen čtyřčlennou rodinou. Budoucí navržený solární systém bude řešit pouze ohřev teplé vody a proto se i zde zaměříme na současné náklady pouze na ohřev TUV za pomoci elektrokotle.

Obr. 22 Řešený objekt [vlastní zdroj]



4.2 Popis stávajícího systému v objektu

Pro vytápění a ohřev TUV je v domě osazen elektrokotel o výkonu 21 kW. (Obr. 23). V domě je zásobník teplé vody o objemu 160 litrů (Obr. 23), který stěží dokázal pokrýt potřeby čtyřčlenné rodiny na teplou vodu. Podle normy ČSN EN 15316-3-1 [32] je potřeba teplé vody 40 až 50 litrů na osobu (Tab. 2)

Obr. 23 Zdroj tepla (elektrokotel) včetně 160 l zásobníku [vlastní zdroj]



Tab. 2 Potřeba teplé vody v litrech [30]

Druh budovy	Specifická spotřeba teplé vody v litrech /den	Měrná jednotka
Rodinný dům	40 až 50	obyvatel
Bytový dům	40	obyvatel
Ubytovací zařízení	28	lůžko

Pro výpočet potřeby tepla pro ohřev vody bylo použito dvou výpočtů a vzorců z projekčních podkladů [21] a to výpočet pro denní potřebu tepla (4.1) a roční potřebu tepla (4.2) pro ohřev TUV. Pro představu, odběrná místa TV v domě jsou dvě koupelny, konkrétně dva sprchové kouty, jedna vana, tři umyvadla a jeden kuchyňský dřez.

$$Q_{TUV,d} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} \quad [\text{Wh}] \quad (4.1)$$

kde	z	koeficient energetických ztrát systému	[-]
	ρ	měrná hmotnost vody	[kg.m ⁻³]
	c	měrná tepelná kapacita vody	[J. kg.K ⁻¹]
	V _{2p}	celková potřeba teplé vody za 1 den	[m ³ /den]
	t ₂	teplota ohřáté vody	[°C]
	t ₁	teplota studené vody	[°C]

O denní potřebě tepla jsme již hovořili a jeho hodnota bude známa po objasnění jednotlivých hodnot. Koeficient energetických ztrát systému je závislý na kvalitě rozvodů v domě, v našem případě bude hodnota 0,5. Tato hodnota je dána pro rozvody v nových stavbách, hodnota byla zvolena z důvodu, že dům při návštěvě nevykazoval žádné nedostatky a jeho stavba byla provedena méně než před 10 lety. Měrná hmotnost vody je známa, tedy 998 kg.m⁻³. Rovněž tak je známa měrná tepelná kapacita vody a ta činí 4186 J. kg.K⁻¹. U celkové potřeby teplé vody musíme vzít v úvahu počet osob bydlících v tomto objektu. Pokud se tedy budeme řídit již výše zmiňovanou normou a v našem konkrétním případě potřebou 0,05 m³ teplé vody na osobu a den, dostaneme hodnotu celkové potřeby teplé vody na den, což činí 0,2 m³. Zbývající dvě hodnoty t₁ je teplota studené vody 10 °C, tedy vody napouštěné do zásobníku a teploty t₂, která je teplota požadovaná na kolik se má voda v zásobníku ohřát, tedy 55 °C.

Výpočet poté vypadá následovně:

$$Q_{TUV,d} = (1 + 0,5) \cdot \frac{998 \cdot 4186 \cdot 0,2 \cdot (55 - 10)}{3600} = 15\,666 \text{ Wh}$$

Z výpočtu vyplývá, že potřeba teplé vody na den činí v tomto domě 15 666 Wh, což je v přepočtu 15,7 kWh.

Nyní lze vypočítat roční potřebu tepla podle vzorce (4.2), který je uveden níže a následně dopočítat i celkové roční náklady na ohřev TUV.

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,r} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d) \quad [\text{Wh}] \quad (4.2)$$

kde	d	délka topného období	[dny]
	$Q_{TUV,d}$	denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody	[Wh]
	t_2	teplota ohřáté vody	[°C]
	t_{svl}	teplota studené vody v létě	[°C]
	t_{svz}	teplota studené vody v zimě	[°C]
	N	počet pracovních dní soustavy v roce	[dny]

$$Q_{TUV,r} = 15,7 \cdot 245 + 0,8 \cdot 15,7 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot (365 - 245) = 5052,26 \text{ kWh}$$

Denní potřeba tepla byla vypočítána již v předešlých krocích, pro upřesnění je tato hodnota 15,7 kWh. Délka topného období se volí v závislosti na umístění daného objektu. Dle normy ČSN EN 38 3350 [33] je tato hodnota pro okres Benešov 245 dní. Koeficient 0,8, je ponížená hodnota využití 100 %. Snížení o 20 % se udává z důvodu nevyužívání teplé vody každý den. Jelikož se každý den nekoupeme, máme dovolenou či z jiného důvodu se doma nevyskytujeme. Teploty t_{svl} a t_{svz} jsou teploty studené vody přitékající do zásobníku v rozdílných ročních obdobích. Od počtu dní za celý rok se následně odečítají dny délky topného období.

Pro následné hodnocení, zdali se investice do nově navrženého solárního systému vyplatí, je nutné zjistit současné roční náklady potenciálního investora na ohřev teplé užitkové vody za pomoci elektrokotle. K tomu bylo zapotřebí znát, jaký tarif využívá a následně zjistit kolik platí za 1 kWh a poté dopočítat náklady. Majitel domu využívá tarif od společnosti ČEZ, kde je denní délka nízkého tarifu až 20 hodin. Zákazník má v rodinném domě pomocný stykač, který umožňuje spínat kotel právě pouze v době nízkého tarifu. Sazba

tedy dle konkrétního tarifu činí 2339,47 Kč za 1 MWh. Je zde povinný i měsíční plat za určitý typ jističe v domě. V domě je jistič s označením nad 3x20 A do 3x25 A včetně, za který je měsíční plat 435,60 Kč. V našem výpočtu, ale nebude plat za jistič zohledněn a to z důvodu jeho každodenní potřeby i pro ostatní domácí spotřebiče. Nelze tedy rozpočítávat na odběrná místa v domě zvlášť.

Roční náklady na ohřev TUV současného systému

Roční potřeba tepla pro ohřev vody byla za pomoci výpočtů stanovena na 5 052 kWh, což je v přepočtu 5,052 MWh. Dle tarifu využívaného v tomto rodinném domě zaplatí majitel 2339,47 Kč za 1 MWh. Po vynásobení roční potřebou tepla se dostaneme na částku 11 819 Kč, a pokud tedy nebyla brána v potaz platba za jistič, činí celkové roční náklady na ohřev TUV v tomto domě za pomoci elektrokotle, konkrétně pouze za energii právě 11 819 Kč.

5. Návrh solárního systému v konkrétním objektu

Na trhu se solární technikou jsou k dostání zařízení dle požadavků zákazníka, tedy specifické anebo unifikované, což jsou sériově vyráběná zařízení, která jsou rovnou z výroby. Jelikož specifická zařízení zvyšují nákladnost celého systému, tak se od těchto metod upouští a ve většině případů se využívají sériově vyráběná zařízení, tedy kombinované systémy přímo z výroby.

Využití solárních kolektorů v ČR stoupá na oblibě, ale je stále velice málo pravdivých a potřebných informací ke správnému návrhu celého systému. Proto se zde snažím o výpočet a návrhy veškerých potřebných prvků solární soustavy. V tomto objektu bude řešen pouze ohřev teplé užitkové vody solárními kolektory, kdybychom uvažovali i o vytápění objektu muselo by dojít k rozsáhlejší přestavbě a zvětšení kotelny a to by mělo za následek další náklady. Dalším problémem je specifické řešení střechy objektu. Není zde dostatečná plocha na správné světové straně pro takové množství kolektorů, aby bylo dosaženo efektivního chodu celého systému s podporou vytápění. Kolektorové systémy pro vytápění dosahují procenta využití okolo 22 %, což je nestaví zrovna do popředí při uvažování vytápění objektu.

Jak již bylo zmiňováno, rodinný dům trvale obydlují a využívají 4 osoby. Před samotným návrhem je předpoklad návrhu zvětšeného objemu zásobníku se dvěma topnými výměníky, pro pokrytí potřeb obyvatel domu, tedy demontáž stávajícího zásobníku a umístění

nového bivalentního. Navržený solární systém bude sloužit pro ohřev teplé užitkové vody, jako doplněk ke stávajícímu hlavnímu zdroji tepla. Pro výpočty bylo použito výpočtů a počítačového programu ESOP, do kterého byly postupně zadány vstupní hodnoty, které byly zjišťovány v místě objektu. Program slouží pro určení vhodnosti použití solárních systémů na konkrétním místě.

5.1 Výpočetní nástroj ESOP

Pro hodnocení solárních soustav pro přípravu teplé vody byl firmou Viessmann, spol. s.r.o. vymyšlen nástroj a výpočetní program, podle kterého lze určit vhodnost umístění a využití konkrétního řešeného projektu. Základní vstupní parametry jsou různé údaje o kolektorech, jejich účinnosti, plochy a další důležité hodnoty. Další vstupní parametry jako je sklon střechy, orientace na světovou stranu, délky potrubních rozvodů byly zjišťovány v místě objektu. Dále je nutné určit teplotu vstupní vody a požadovanou teplotu teplé vody či rozhodnout v jaké časy má být zapnuté cirkulační čerpadlo a další jiné parametry, které vznikají až v průběhu propočtů a řešení projektu.

Program následně ze všech zadaných parametrů bilancuje a hodnotí tepelné zisky ze solárního kolektoru, výkon posuzovaných kolektorů, ale také potenciál využití konkrétního solárního systému či podíl solární energie na přípravě TV v průběhu celého roku. Lze nastavit konkrétní meteorologické podmínky z databáze, podle místa instalace a určit tak typický meteorologický rok včetně výpočtových hodnot pro konkrétní místo. Výstupem z programu jsou tabulky a grafy dle konkrétních požadavků na projekt, podle kterých se lze orientovat a bilancovat tak případné umístění a vhodnost investice do navrženého solárního systému. Vstupní parametry pro řešený rodinný dům jsou v příloze č. 1. [26]. Pouze zde upozorním na jednu chybu v návrhovém systému, kde v konečných výsledcích roční animace, nejsou uvedeny správné jednotky, namísto kWh.m⁻³ by měly být uvedeny jednotky kWh.m⁻². [26]

5.2 Návrh velikosti zásobníku

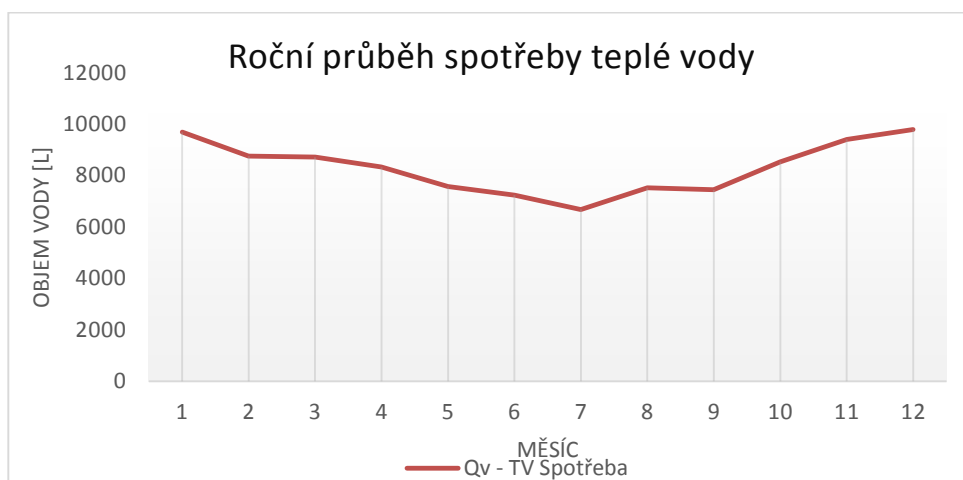
Co se týká akumulace tepla, tedy ohřevu vody v zásobníku, tak zde jsou dvě zásadní informace, které jsou specifické pro ohřev vody solárním systémem. První z nich je rozdílný výkon kolektorů oproti jiným zdrojům tepla, z čeho vyplývá během slunečných dní delší doba ohřevu, kolektory vyrábí teplo po delší časový úsek. Výkon kolektorů je tedy nižší, než u kotle u kterého je doba ohřevu vody v zásobníku výrazně kratší, ale naopak s mnohonásobně vyšším výkonem. Další věc, která je tak specifická pro solární systémy, že povětšinou v době potřeby tepla není tak výkonná výroba tepla, tedy neshodují se období

výroby a období odběru tepla, jelikož výroba tepla u solárních kolektorů je závislá výhradně na nabídce solárního záření. Zde jsou tedy důvody proč tak záleží na dostatečně nadimenzovaném objemu zásobníku, aby byl schopen zajistit solárně získané teplo. V předešlé kapitole „Popis stávajícího systému v objektu“ byl zmíněn nedostatečný objem současného zásobníku, který se musí častěji dohřívat a z toho plynou vyšší provozní náklady. Denní potřeba tepla je určena dle již zmiňované normy ČSN EN 15316-3-1 [32], dle které je potřeba teplé vody 40 až 50 litrů na osobu za den. To odpovídá přibližné potřebě teplé vody 200 litrů na den. Při návrhu co nejefektivnějšího chodu solárního systému bylo počítáno s touto hodnotou, ale také s potřebou teplé vody 280 litrů na den. Tato hodnota byla zvolena po konzultaci s investorem ohledně jeho vlastních zkušeností s potřebou většího objemu teplé vody, a proto byla do bilancování zvolena také komfortní potřeba teplé vody a tedy 70 litrů na osobu a den. Pokud vynásobíme tuto hodnotu 4 osobami, dostaneme se právě na již zmiňovaných 280 litrů teplé vody na den. Na základě tohoto propočtu byl pro tento projekt zvolen nerezový bivalentní zásobník o objemu 300 litrů. Hlavní význam slova bivalentní je umístění dvou topných spirál uvnitř zásobníku, kde za pomoci spodní spirály probíhá ohřev vody solárními kolektory a v horní spirále v případě potřeby probíhá dohřev přes zdroj tepla. Zásobník byl zvolen od firmy Viessmann, jeho technické parametry jsou zobrazeny v příloze č. 4. Za pomoci výpočtového programu ESOP, byly stanoveny orientační hodnoty měsíčních odběrů teplé vody v litrech při uvažování průměrné spotřeby 200-280 litrů za den po celou délku jednoho roku a následně byl zpracován graf ročního průběhu spotřeby teplé vody. (Graf 2, Tab. 2). Orientační množství spotřeby Q_v - T_v (množství teplé vody) činí něco okolo 100 000 litrů teplé vody za rok v řešeném objektu.

Tab. 3 Orientační hodnoty spotřeby teplé vody v litrech v jednotlivých měsících [26]

Qv -Tv Spotřeba		
od	do	Spotřeba v litrech
1.1.	1.2.	9688
1.2.	1.3.	8760
1.3.	1.4.	8718
1.4.	1.5.	8333
1.5.	1.6.	7572
1.6.	1.7.	7244
1.7.	1.8.	6682
1.8.	1.9.	7532
1.9.	1.10.	7447
1.10.	1.11.	8540
1.11.	1.12.	9412
1.12.	1.1.	9791
Celkem za rok		99719

Graf 2 – Roční průběh spotřeby teplé vody v jednotlivých měsících [26]



Doba ohřevu vody v zásobníku

Doba ohřevu závisí na výkonu kolektorů, pro projekt bylo uvažováno s dvěma variantami kolektorů. První varianta jsou ploché deskové kolektory, jejich plocha disponuje po odečtení tepelných ztrát, které vznikají nahoře na střeše přímo u kolektorů, odrazem či vyzařováním od kolektoru výkonem 2,83 kW. Výkony zvolených kolektorů jsou podrobněji propočítány v následující podkapitole „Návrh velikosti plochy kolektorů“. Výpočet poté vypadá následovně. Je počítáno s objemem 300 litrů a požadováno počáteční ohřátí při rozjezdu systému z 10 °C na 55 °C. Účinnost 2 plochých kolektorů po odečtení tepelných ztrát potrubím byla přibližně stanovena na 95 %.

$$T_{\text{celk.}} = \frac{V_z \cdot c \cdot (t_{\text{výst}} - t_{\text{vstup}})}{\eta \cdot P \cdot 1000} \cdot 60 \quad [\text{min}] \quad (5.1)$$

kde	V_z	objem velikosti zásobníku	[l]
	c	měrná tepelná kapacita vody	[Wh.l.K ⁻¹]
	$t_{\text{výst}}$	požadovaná teplota po ohřátí	[°C]
	t_{vstup}	vstupní teplota studené vody do zásobníku	[°C]
	η	účinnost solárních kolektorů	[%]
	P	výkon z plochy kolektorů	[kW]

Po dosazení 2,83 kW za P, tedy výkonu kolektorů vyjde hodnota doby ohřevu v minutách.

$$T_{celk.} = \frac{300 \cdot 1,163 \cdot (55 - 10)}{0,95 \cdot 2,83 \cdot 1000} \cdot 60 = 311,46 \text{ min}$$

Pro druhou variantu s použitím vakuových trubicových kolektorů, tedy plochou 3,19 m², z které po odečtení tepelných ztrát dostaneme výkon 1,97 kW. Po dosazení do totožného vzorce dostaneme hodnotu 471,35 minuty.

$$T_{celk.} = \frac{300 \cdot 1,163 \cdot (55 - 10)}{0,95 \cdot 1,97 \cdot 1000} \cdot 60 = 447,43 \text{ min}$$

Dle výpočtů, ohřev za pomoci deskových kolektorů by přibližně trval 5 hodin a u trubicových kolektorů 7,5 hodiny, tento parametr není tím, který by měl být zásadním faktorem při rozhodování při volbě jedné či druhé varianty, jelikož se jedná pouze o počáteční ohřev z 10 °C na požadovaných 55 °C a poté dochází již pouze k potřebným dohřevům zásobníku a zde se mohou role kolektorů obrátit, jelikož trubicové kolektory dosahují vyšších účinností a to především při větších teplotních diferencích za kterých solární sestavy později pracují.

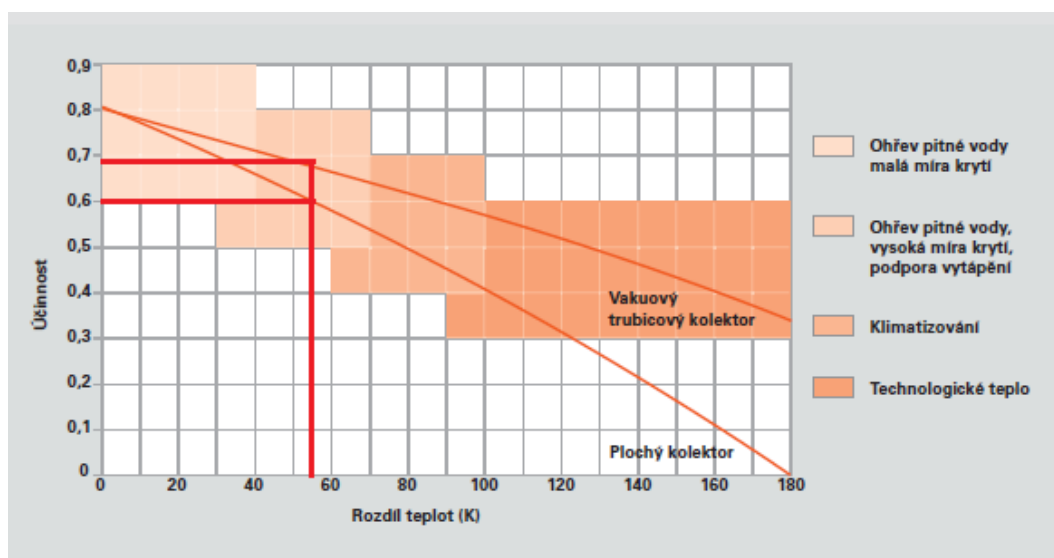
5.3 Návrh velikosti plochy kolektorů

Pro ekonomické úspory je velice důležité využití solární techniky i v přechodovém období jaro/podzim a samozřejmě také v zimě. Je tedy žádoucí, aby v těchto obdobích byla účinnost kolektorů co nejvyšší. Pro rodinný dům byly navrženy dvě varianty rozdílných typů kolektorů. Ploché deskové kolektory a vakuové trubicové. Pro posouzení, která z variant je pro tento projekt vhodná, došlo k podrobnému rozboru. Nejdůležitější je určení správného počtu kolektorů, tedy velikost plochy v m². Pokud bychom nevhodně zvolili velikost plochy směrem nahoru, tedy zbytečně velkou, docházelo by k přehřívání a tepelným přebytkům, které nelze nijak využít, pokud např. neohříváme vodu v bazénu a při přehřívání vody v zásobníku by se musela odpouštět voda a docházelo by ke zbytečným energetickým ztrátám. Stagnace kolektorů vede ke snižování životnosti solárních systémů. Naopak pokud by byl naprojektován nízký počet kolektorů, systém by nedokázal využít svůj potenciál a častěji by muselo docházet ke spínání druhého topného zařízení, elektrokotle. Z praxe a prostudovaných materiálů bylo uvažováno 20 % ztrát. Záření dopadající na kolektor se snižuje o optické ztráty, mezi které patří odraz na skleněné tabuli, absorpce ve skleněné tabuli,

odraz na absorbéru a ohřev absorbéru výkonem záření. Zbývající záření ohřívá absorbér. Části tepla, které pak kolektor odevzdává do okolí, jsou tepelné ztráty.

Při výběru vhodného kolektoru je uvažováno o jeho umístění či jeho instalaci, ale byla také sledována zásadní hodnota při posuzování, kterou je teplotní rozdíl ΔT . Je to hodnota teplotního rozdílu mezi průměrnou teplotou kolektoru a okolním vzduchem. Na obrázku 24 jsou k vidění rozdílné účinnosti mezi plochým a vakuovým kolektorem při určitých teplotních rozdílech ΔT v K. Důležitá je účinnost při slunečných dnech s nízkými teplotami. Na trhu jsou ploché i trubkové kolektory, které tyto podmínky splňují. Firma Viessmann vytvořila křivky účinnosti svých plochých a trubkových kolektorů na základě dlouhodobých měření.[2]

Obr. 24 Graf s křivkami účinnosti při různých teplotních rozdílech ΔT [2]



Pro vysvětlení a pochopení grafu účinnosti byl uveden příklad. Vezmeme v úvahu zimní či podzimní slunečný den s teplotou $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a teplota vratné vody bude $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, musí kolektor vyrobit teplotu přibližně $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ pro zvýšení teploty vratné vody. Kolektor tedy pracuje s teplotním rozdílem k venkovnímu vzduchu $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $55\text{ }^{\circ}\text{C}$, což dělá, teplotní rozdíl 55 K . Z obrázku s křivkami účinností vyplývá, že při teplotním rozdílu 55 K dosahují ploché kolektory účinnosti 60% a trubkové něco okolo 68% .

Varianta I. Plochý deskový kolektor Vitosol 100-F SVA

Účinnost vztažená na plochu apertury je u tohoto kolektoru $75,8\%$ zaokrouhlená na 76% , což znamená teoretický výkon $760\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ při průměrném ročním osvitu $1000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Po odečtení uvažovaných tepelných ztrát, byla hodnota účinnosti stanovena na 56% . A následně bylo přičteno 5% zvyšující účinnost z důvodu vhodného výběru umístění

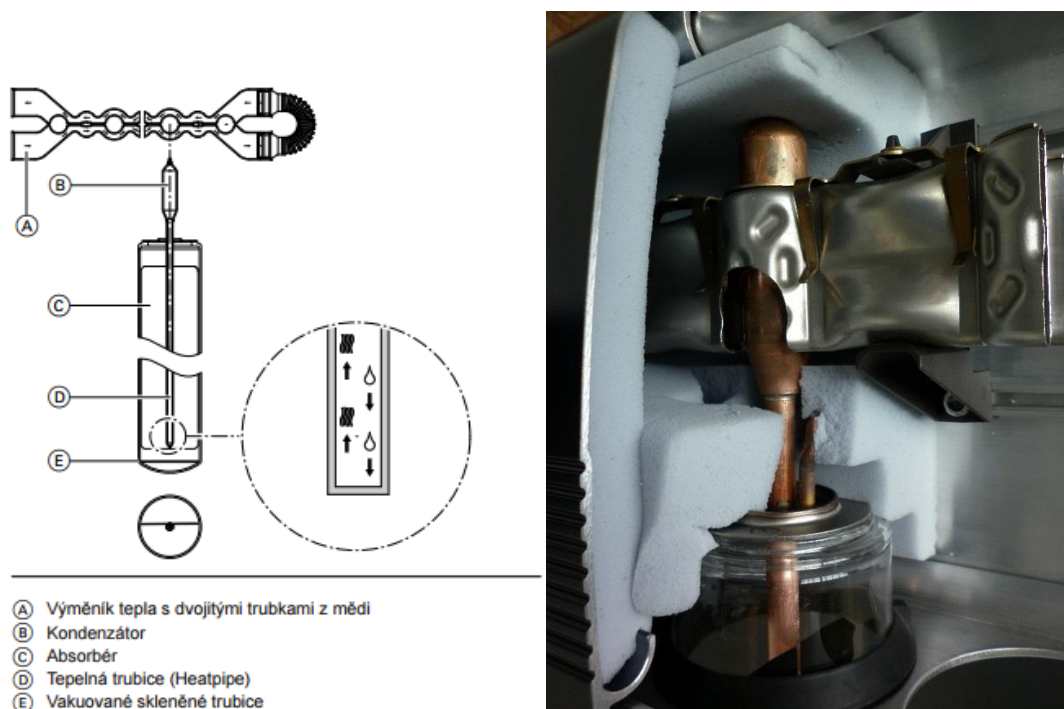
kolektorů na jihozápad (Obr. 21). Konečná hodnota účinnosti vztažená na plochu apertury byla stanovena na 61 %, tedy výkon $610 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Plocha apertury zvoleného deskového kolektoru je $2,33 \text{ m}^2$. Dle nastudované literatury bylo uvažováno ohřátí 60 litrů vody z 1 m^2 kolektoru. Pokud známe tuto informaci, je snadné se dopočítat kolik kusů kolektorů, musí být zvoleno pro tento objekt. Z logiky věci byly zvoleny dva kolektory o celkové ploše $4,66 \text{ m}^2$. Pokud je systém schopen ohřát z 1 m^2 60 litrů při teplotním spádu 10/55, potom ze zvolené plochy dostaneme ohřátí objemu přibližně 280 litrů. Hodnota 280 litrů byla vypočtena jako komfortní potřeba pro 4 osoby teplé vody na den. Zvolená plocha kolektorů se z úvah a propočtů zdá být ideální. (Příloha č. 5)

Varianta II. Vakuový trubicový kolektor Vitosol 300 – T

Tento kolektor byl zhodnocen ze stejného hlediska jako první porovnávaný typ. Účinnost vybraného trubicového kolektoru vztažená na plochu apertury je 77 %. Po odečtení již vysvětlených ztrát byla stanovena hodnota 57 %. Po přičtení 5 % díky umístění kolektorů byla stanovena konečná hodnota účinnosti trubicového kolektoru na 62 %. Plocha absorbéru jednoho kusu je $3,03 \text{ m}^2$ a obsahuje 24 kusů vakuových trubic. Bylo počítáno s rozdílnou výtěžností, tedy ohřátí 100 litrů vody z 1 m^2 kolektoru. S ohřevem větších objemů se počítá z důvodu, že trubicové kolektory nesálají tak velké množství tepla do okolí a proto mají vyšší výkon z 1 m^2 . Jelikož jsou trubicové kolektory výrazně dražší, ale naopak mají vyšší účinnost a větší potenciál využití, tak byl zvolen kolektor s plochou apertury $3,19 \text{ m}^2$ tedy pouze jeden kus o počtu 24 trubic. Zvolená plocha je dle předešlých úvah teoreticky schopna ohřát přibližně 319 litrů objemu vody. Výhodou těchto kolektorů je možnost výměny trubic a to i za provozu. Není nutno vypustit systém a provést výměnu jelikož trubice jsou v tomto případě zapojeny suchým způsobem (Obr. 25). Sluneční záření, teplo je z absorbéru přenášeno na tepelnou trubici. V trubici se vypařuje kapalina a mění se na páru, která stoupá do kondenzátoru. Za pomoci výměníku tepla je přes dvě trubky přenášeno teplo do okolo proudící teplotnosné kapaliny. Po předání tepla teplotnosné látce se pára ochladí a dochází ke kondenzaci, poté kondenzát stéká zpět dolů v teplené trubici a proces se opakuje. (Příloha č. 6). Pro Správnou funkčnost těchto kolektorů a jeho principu je nutný sklon nejméně 25° až maximálně 70° .

Oba typy kolektorů splňují požadavky ekologické značky „Modrý anděl“ [25] a jsou odzkoušeny dle normy ČSN EN 12975 [30].

Obr. 25 Princip přenosu tepla u kolektoru Vitosol 300-T [21, vlastní zdroj]



Pro posouzení navrhovaných ploch kolektorů, dle jejich výkonů a spočítaných potřeb teplé užitkové vody pro tento rodinný dům bylo v programu dle vstupních parametrů nasimulováno několik variant provedení solárního systému. Jednotlivé výstupní tabulky a grafy byly následně zhodnoceny a posouzeny z hlediska energetického provozu, ekonomičnosti a poměru ceny/výkon.

Solární kolektory byly hodnoceny z hlediska stupně využití, kde bychom nejlépe chtěli dosahovat hodnot alespoň okolo 50-60 %, protože u této hodnoty jsou nám kolektory schopny poskytnout slušnou míru krytí, tedy podílet se solární energií na přípravě teplé vody ve vyváženém poměru pořizovací cena/výkon. Právě podíl solární energie na přípravě TV byl druhým hodnoceným kritériem. V systému je zapojeno cirkulační čerpadlo pro okamžité potřeby teplé vody po otočení kohoutkem. Jeho funkce je nastavena pouze ve špičkách odběru vody a tedy ráno od 6:00 do 8:00 a poté až ve večerních hodinách od 18:00 do 21:00. Přes den se v domě nikdo nenachází, a proto není důvod k cirkulaci. Její celodenní provoz by nebyl energeticky úsporný, protože při míchání se studenou vodou by docházelo k neustálému vychlazování teploty vody v zásobníku a zbytečně by spínalo čerpadlo solárního okruhu či druhý zdroj tepla. Elektrokotel bude v tomto případě nastaven na provoz od ledna do konce měsíce dubna. Poté se očekává nárůst pokrytí přípravy TV za pomoci solárního systému, a

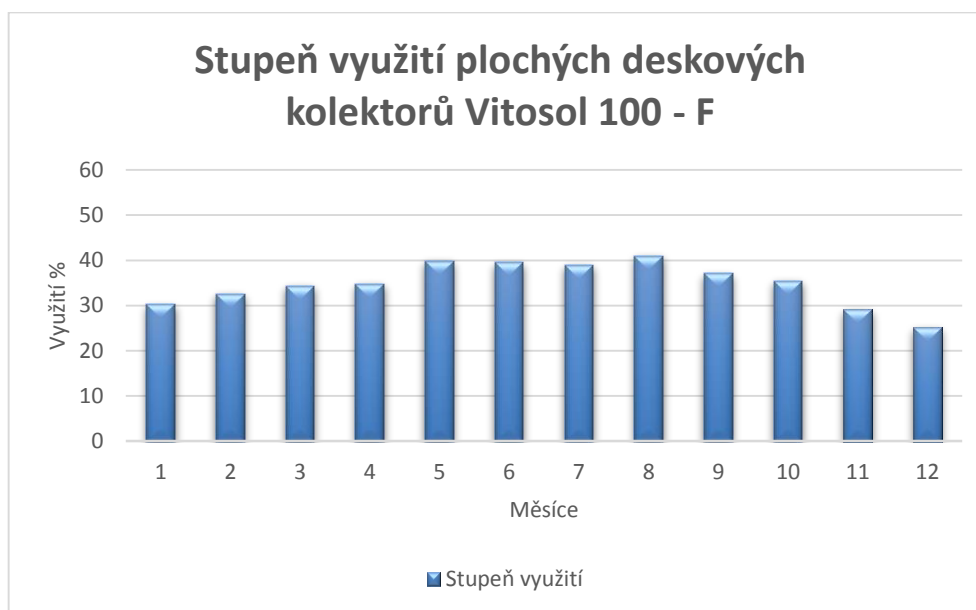
proto by kotel měl spínat od května do poloviny září pouze v případech nutnosti dohřevu TV při vyloženě nevhodných klimatických podmínkách.

Prvním hodnoceným kolektorem ve spojení se solární sestavou byly dva ploché deskové kolektory Vitosol 100-F od firmy Viessmann za předpokladu ohřevu komfortní potřeby teplé vody 280 litrů za den. Výchozí hodnoty z návrhového programu ESOP pro zpracování průběhu do grafu jsou v tabulce 4. Na grafu 3 vidíme průběh stupně využití v jednotlivých měsících. Tato varianta se zdá být celkem optimální, jelikož z grafu vyplývá možný větší potenciál pro ohřev i většího množství potřeby TV. Pro pokrytí potřeby teplé vody v létě určitě dostačující. Nejspíše by v letních měsících docházelo k přebytkům a občasné stagnaci kolektorů. Pro lepší procentuální využití v měsících mimo solární sezonu (říjen-duben) by bylo vhodné navýšení počtu kolektorů, ale v letních měsících by to vedlo k ještě větším přebytkům a investor by musel stále upouštět vodu ze systému, aby nedocházelo ke kritickým teplotám v zásobníku, což není z hlediska funkce a životnosti systému žádoucí.

Tab. 4 Hodnoty stupně využití solárního systému v jednotlivých měsících při ohřevu 280 litrů vody [26]

Stupeň využití solárního systému		
od	do	Stupeň využití [%]
1. 1.	1. 2.	30,2
1. 2.	1. 3.	32,6
1. 3.	1. 4.	34,3
1. 4.	1. 5.	34,8
1. 5.	1. 6.	39,9
1. 6.	1. 7.	39,5
1. 7.	1. 8.	38,9
1. 8.	1. 9.	41
1. 9.	1.10.	37
1.10.	1.11.	35,4
1.11.	1.12.	29,1
1.12.	1. 1.	25,1
Průměr za rok		37%

Graf 3 Naznačení stupně využití navrhovaného solárního systému s plochými kolektory [26]

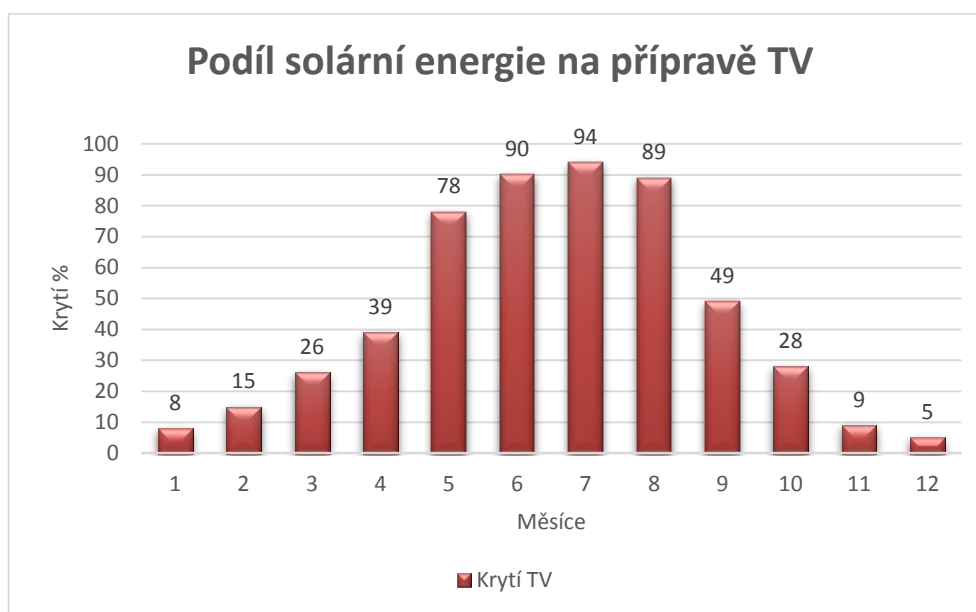


Budeme-li se bavit o podílu solární energie na přípravě TV pro požadavek 280 litrů na den, jsou čísla celkem uspokojivá (Graf 4). K určitému ušetření elektrické energie by v tomto případě zcela jistě došlo. Pro ohřev takového množství teplé vody je ročně spotřebováno přibližně 5 MWh a z Přílohy 7 jsou patrné možné úspory. Logicky k největšímu pokrytí ohřevu TV dochází v letních měsících.

Tab. 5 Procentuální podíl na přípravě teplé vody (280l) s využitím deskových kolektorů [26]

Podíl solární energie na přípravě TV		
od	do	Krytí TV [%]
1. 1.	1. 2.	8
1. 2.	1. 3.	15
1. 3.	1. 4.	26
1. 4.	1. 5.	39
1. 5.	1. 6.	78
1. 6.	1. 7.	90
1. 7.	1. 8.	94
1. 8.	1. 9.	89
1. 9.	1.10.	49
1.10.	1.11.	28
1.11.	1.12.	9
1.12.	1. 1.	5
Průměr krytí TV za rok		36,30%

Graf 4 Průběh procentuálního podílu na přípravě TV plochými kolektory (280l) [26]



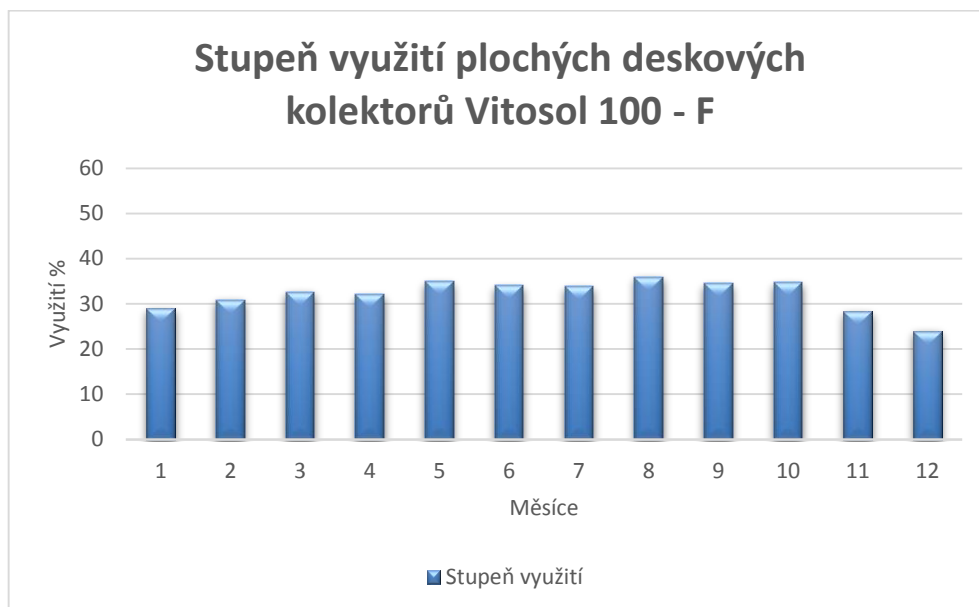
Další hodnocenou kombinací (Příloha č. 8) byl stejný počet plochých deskových kolektorů, ale s rozdílným požadavkem potřeby teplé vody a to dle normy ČSN EN 15316-3-1 [32] pro 4 osoby nejnižší hodnotu potřeby TV 200 l na den. V tabulce 6 jsou opět vstupní hodnoty stupně využití v jednotlivých měsících. V tomto případě je využití ještě o něco nižší, je zde tedy potvrzen vyšší potenciál této kolektorové plochy. I této kombinace bude nejspíše při horkých letních měsících docházet k občasné stagnaci.

Tab. 6 Stupně využití plochých kolektorů v jednotlivých měsících při uvažovaném ohřevu 200 litrů vody za den [26]

Stupeň využití solárního systému		
od	do	Stupeň využití [%]
1. 1.	1. 2.	28,9
1. 2.	1. 3.	30,9
1. 3.	1. 4.	32,6
1. 4.	1. 5.	32
1. 5.	1. 6.	34,9
1. 6.	1. 7.	34
1. 7.	1. 8.	33,8
1. 8.	1. 9.	35,9
1. 9.	1.10.	34,5
1.10.	1.11.	34,7
1.11.	1.12.	28,3
1.12.	1. 1.	24
Průměr za rok		33,40%

Na grafu 5 je vyneseno využití solárního systému ve spojení s deskovými kolektory v jednotlivých měsících.

Graf 5 Měsíční průběhy stupně využití kolektorů Vitosol 100 – F (2001) [26]



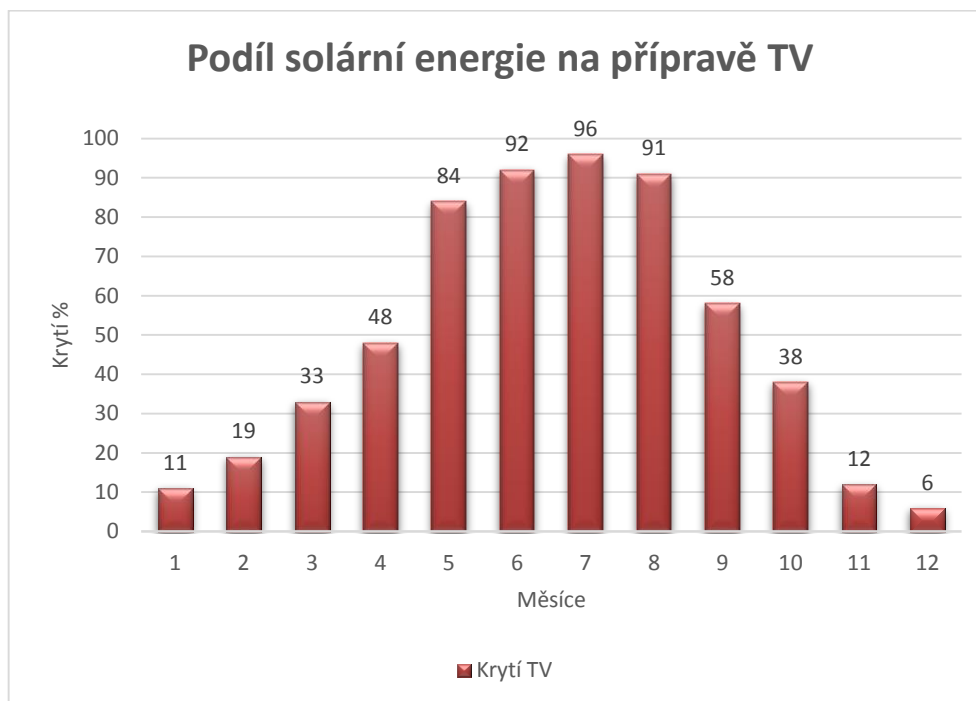
Celkem zajímavě se zde již jeví podíl solární energie na přípravu TV. Je to z důvodu požadavku ohřívání menšího objemu vody než v předešlém případě a proto zde došlo k procentuálnímu nárůstu tohoto kritéria.

Tab. 7 Podíl solární energie při ohřevu denní potřeby 200 litrů vody [26]

Podíl solární energie na přípravě TV		
od	do	Krytí TV [%]
1. 1.	1. 2.	11
1. 2.	1. 3.	19
1. 3.	1. 4.	33
1. 4.	1. 5.	48
1. 5.	1. 6.	84
1. 6.	1. 7.	92
1. 7.	1. 8.	96
1. 8.	1. 9.	91
1. 9.	1.10.	58
1.10.	1.11.	38
1.11.	1.12.	12
1.12.	1. 1.	6
Průměr krytí TV za rok		43%

Opět na zpracovaném grafu 6 lze vidět, do jaké míry se je schopen solární systém podílet na ohřevu TV a v jakých měsících bude muset plně fungovat druhý topný zdroj.

Graf 6 Solární krytí v grafické podobě pro potřeby 200 litrů TV na den [26]



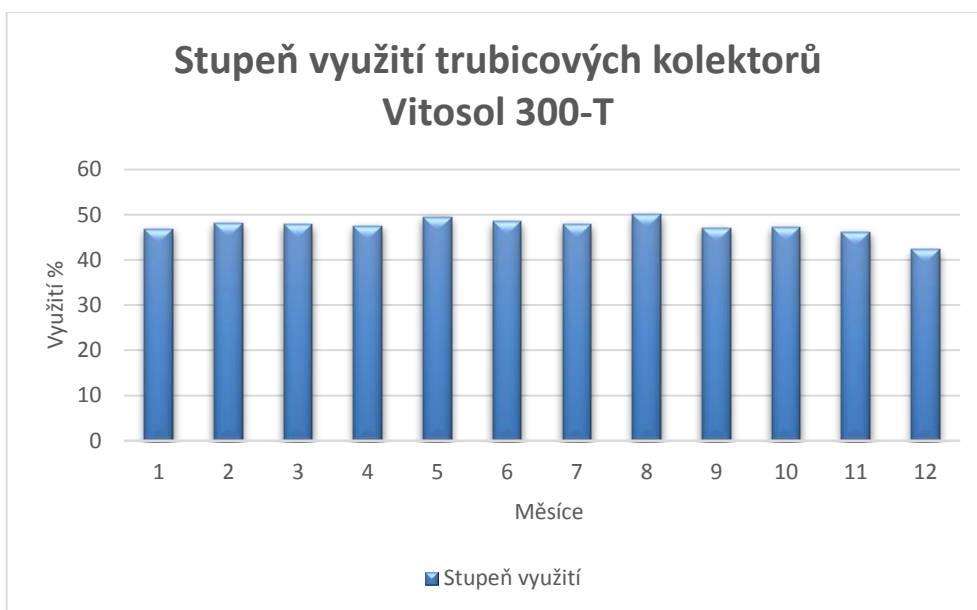
Dalšími hodnocenými solárními kolektory jsou méně využívané vakuové trubcové kolektory a to především z důvodu jejich vyšší pořizovací ceny.

První hodnocenou kombinací (Příloha č. 9) v rámci trubcových kolektorů byl jeden kus o velikosti plochy apertury 3,19 m², který obsahuje 24 kusů vakuových trubec. U této kombinace se uvažovalo s ohřevem vody o objemu 200 litrů. Už z tabulky 8 je patrný vyšší stupeň využití než u větší plochy deskových kolektorů. Je zde celkem vhodně využit potenciál tohoto kolektoru a to právě z důvodu menší plochy kolektoru. Kolektor má kam odvádět vyrobené teplo, ale ohřátí většího objemu by nebyl v tomto případě problém. Vyšší využití je způsobeno menšími tepelnými ztrátami na absorbéru uvnitř trubec, dále jsou zde menší ztráty z důvodu vakua, obsaženého v každé trubici. Celoroční průběh hodnot v jednotlivých měsících je zobrazen na grafu 7. Je zde viditelný lehký pokles využití v letních měsících z důvodu výroby většího množství tepla, které by nebylo kde uplatnit.

Tab. 8 Výchozí hodnoty stupně využití při ohřevu potřeby 200 l vody na den pro následný graf [26]

Stupeň využití solárního systému		
od	do	Stupeň využití [%]
1. 1.	1. 2.	46,8
1. 2.	1. 3.	48,2
1. 3.	1. 4.	47,9
1. 4.	1. 5.	47,5
1. 5.	1. 6.	49,5
1. 6.	1. 7.	48,5
1. 7.	1. 8.	48
1. 8.	1. 9.	50,1
1. 9.	1.10.	47
1.10.	1.11.	47,2
1.11.	1.12.	46,2
1.12.	1. 1.	42,3
Průměr za rok		48%

Graf 7 Využití trubcového kolektoru v dané lokalitě při denní potřebě 200 l TV [26]

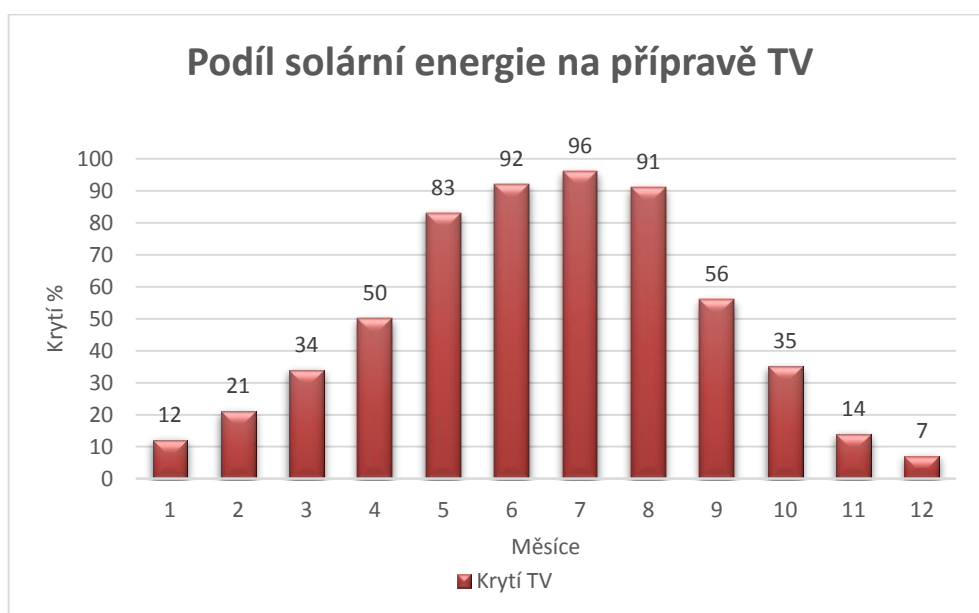


Hodnoty podílu na přípravě TV (Graf 8) jsou zde srovnatelné s plochými kolektory. I když se využití potenciálu jeví jako dobré, byl by zde vhodný větší objem zásobníku pro ještě efektivnější využití trubcového kolektoru. Díky technologii heatpipe nedochází k přehřívání a následné stagnaci kolektorů. Tento systém byl vyhodnocen jako využitelný v zadaných podmínkách, ale z důvodu hodnocení kritéria poměru cena/výkon bude v projektu příkloněno na stranu plochých deskových kolektorů.

Tab. 9 Hodnoty z programu ESOP pro následný graf podílu solární energie pro ohřev 200 l vody z trubicového kolektoru [26]

Podíl solární energie na přípravě TV		
od	do	Krytí TV [%]
1. 1.	1. 2.	12
1. 2.	1. 3.	21
1. 3.	1. 4.	34
1. 4.	1. 5.	50
1. 5.	1. 6.	83
1. 6.	1. 7.	92
1. 7.	1. 8.	96
1. 8.	1. 9.	91
1. 9.	1.10.	56
1.10.	1.11.	35
1.11.	1.12.	14
1.12.	1. 1.	7
Průměr krytí TV za rok		43%

Graf 8 Graf pro představu, jak by se solární systém ve spojení s Vitosol 300-T podílel v daném objektu na přípravě TV o objemu 200l na den [26]



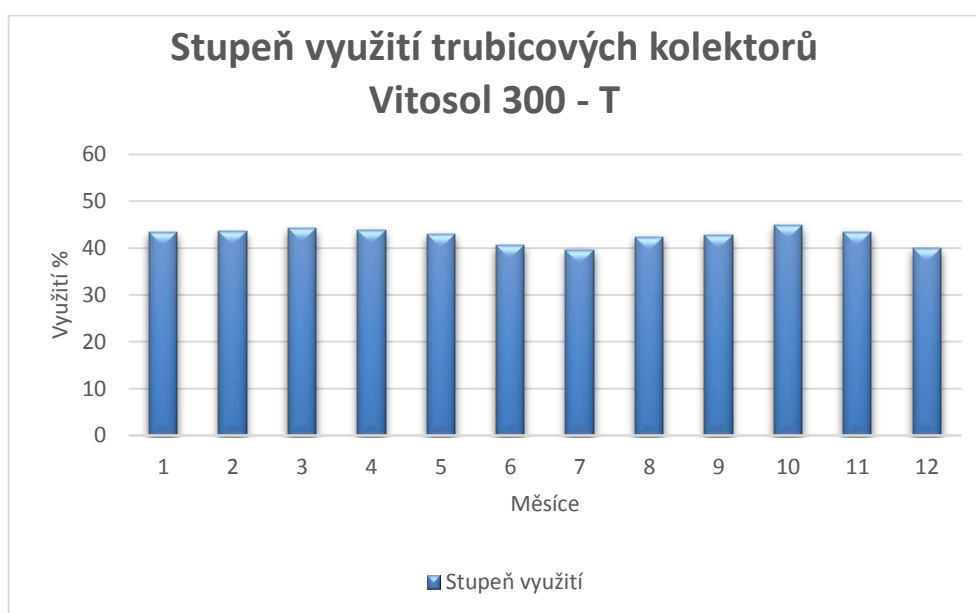
Poslední varianta (Příloha č. 10) je zde uvedena jako příklad využití možného potenciálu trubicových kolektorů pro ohřevy větších objemů teplé vody. Na grafu 9 je k vidění i nezvyklý pokles stupně využití v letních měsících a to z důvodu předpokládaných velkých přebytků a proto zde klesá procento využití, jelikož získané teplo z dané plochy není kam odvádět. Je zde celkem velký stupeň využití i v zimních měsících a proto se zde nabízí možnost tepelné přebytky odvádět do topné soustavy. Pro využití při vytápění objektu by

muselo dojít k navýšení výkonu. Pro efektivní funkčnost v období zimních měsíců by se systém musel navýšit ještě o určitou plochu kolektorů, což už není žádoucí tohoto projektu a zadání by muselo být řešeno ze zcela jiného hlediska. Krytí přípravy teplé vody (Graf 10) je celkem vysoké, ale při hodnocení prosté doby návratnosti tohoto systému se musí zohlednit jeho vysoká pořizovací cena.

Tab. 10 Stupeň využití pro 2 kusy trubicových kolektorů při potřebě 280 litrů teplé vody na den [26]

Stupeň využití solárního systému		
od	do	Stupeň využití [%]
1. 1.	1. 2.	43,3
1. 2.	1. 3.	43,5
1. 3.	1. 4.	44,2
1. 4.	1. 5.	43,8
1. 5.	1. 6.	42,9
1. 6.	1. 7.	40,5
1. 7.	1. 8.	39,6
1. 8.	1. 9.	42,4
1. 9.	1.10.	42,8
1.10.	1.11.	44,8
1.11.	1.12.	43,4
1.12.	1. 1.	39,9
Celkem za rok		42%

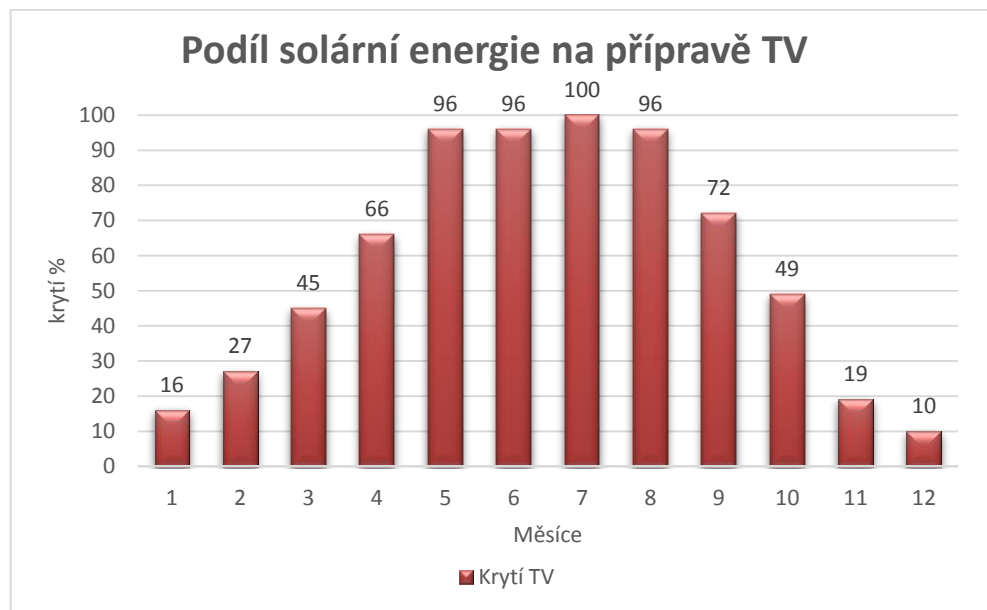
Graf 9 Naznačený průběh ročního využití 2 kusů trubicových kolektorů (280l) [26]



Tab. 11 Krytí TV vakuovým trubicovým kolektorem (280l) [26]

Podíl solární energie na přípravě TV		
od	do	Krytí TV [%]
1. 1.	1. 2.	16
1. 2.	1. 3.	27
1. 3.	1. 4.	45
1. 4.	1. 5.	66
1. 5.	1. 6.	96
1. 6.	1. 7.	96
1. 7.	1. 8.	100
1. 8.	1. 9.	96
1. 9.	1.10.	72
1.10.	1.11.	49
1.11.	1.12.	19
1.12.	1. 1.	10
Průměr krytí TV za rok		53%

Graf 10 Roční podíl kolektoru Vitosol 300-T na ohřevu TV (280l) [26]



Cílem správného dimenzování je to aby solární systémy pokryly ohřev teplé užitkové vody mimo topnou sezónu (duben-září), tedy myšleno tak aby druhý zdroj, v tomto projektu elektrokotel mohl zůstat nečinný až do začátku topné sezóny (říjen-březen).

Po nastínění různých situací při ohřevu rozdílných objemů teplé užitkové vody je patrné, že navrhnout optimální systém bez přebytků tepla nebo naopak systém nepoddimenzovat, tedy zvolit zbytečně malý výkon je celkem složitý proces. Po zhodnocení a

propočítání vhodných velikostí ploch a počtu kusů u dvou rozdílných provedení solárních kolektorů byla v projektu zvolena varianta s plochými deskovými kolektory (Obr. 26). V projektu byl zvolen systém s dvěma kusy plochých kolektorů, který se při ohřevu objemu vody okolo 200-280 litrů jeví v poměru cena/výkon jako nejideálnější.

Obr. 26 2 kusy zvolených plochých kolektorů Vitosol 100-F [vlastní zdroj]



Hodnoceno bylo hlavně hledisko poměru ceny a výkonu. Výkon při propočtech a informacích z technických podkladů jednotlivých kolektorů se výrazně nelišil. K větším rozdílům dochází při větších teplotních rozdílech ΔT . Jelikož systémy většinou pracují v teplotních rozdílech okolo 50-60 K, kde účinnosti odlišných kolektorů nevykazují zásadní procentuální rozdíly, byla v tomto ohledu zvolena varianta s již zmiňovanými plochými kolektory. Jestliže účinnosti nevykazovaly výraznější rozdíly, tak to už se nedá říci o jejich pořizovacích cenách, které jsou u vakuových značně vyšší, než u plochých kolektorů viz přílohy 2a a 2b, cenové nabídky.

5.4 Návrh velikosti expanzní nádoby

Další součástí solárního systému, kterému je potřeba věnovat zvýšenou pozornost při projektování je návrh velikosti expanzní nádoby. Expanzní nádoba zachycuje změny objemu teplotně roztažené kapaliny v systému a slouží k jejímu pohlcování, aniž by docházelo ke zbytečným ztrátám kapaliny otevíráním pojistného ventilu. Pokud je navržen správný objem nádoby měla by zastávat funkci pohlcování roztažnosti objemu vlivem velkých teplot i při stagnaci kolektorů a zabránit tak snižování životnosti solárního systému a dalšího poškození. Proto

je tak důležité tento návrh nepodceňovat a nenavrhopat velikost pouze podle tabulek a počtu kolektorů. Ve výpočtu [21] jsou další veličiny, které je nutné při dosazování do vzorce (5.2) zohlednit.

Potřebný objem byl určen za pomoci tohoto výpočtu a parametrů:

$$V_{exp} = (V_{kol} + V_{dp} + V_e + V_{fv}) \cdot D_f \quad [1] \quad (5.2)$$

kde	V_{kol}	objem kapaliny v kolektorech	[1]
	V_{dp}	maximální dosah páry v potrubí	[m]
	V_e	zvětšení objemu teplotnosné kapaliny v kapalném stavu	[1]
	V_{fv}	Kapalinová jímka v expanzní nádobě	[1]
	D_f	Koeficient tlaku	[bar]

Jednotlivé parametry byly zjišťovány následovně. V_{kol} objem kapaliny v kolektorech byl zjištěn z technických údajů daného kolektoru. Jeden plochý deskový kolektor obsahuje 1,48 l teplotnosné kapaliny. V projektu je počítáno se dvěma kolektory, tedy objem kapaliny bude 2,96 litrů.

Maximální dosah páry v potrubí při jejím případném tvoření při stagnaci byl vypočítán z následujícího vztahu (5.3).

$$V_{dp} = \frac{DPL_{max} \cdot A_{kolektor}}{\dot{q}_{potrubí}} \quad [m] \quad (5.3)$$

kde	DPL_{max}	maximální výkon při produkci páry	$[W \cdot m^{-2}]$
	$A_{kolektor}$	plocha apertury kolektoru	$[m^2]$
	$\dot{Q}_{potrubí}$	tepelný ztrátový výkon potrubí	$[W \cdot m^{-1}]$

Pro možnost dosazení do vzorce byl zjištěn z technických podkladů daného kolektoru maximální výkon při produkci páry, konkrétně hodnota $60 W \cdot m^{-2}$ za předpokladu vhodné montážní polohy. Plocha apertury u plochého kolektoru je $2,33 m^2$, tedy pro dva kolektory $4,66 m^2$. Tepelný ztrátový výkon ($\dot{Q}_{potrubí}$) potrubí určuje tepelné ztráty měděného potrubí, které je izolováno běžným používaným materiálem a vychází z hodnot určených praxí. Pro navržené potrubí o rozměrech 15x1 mm je tento údaj $25 W \cdot m^{-1}$. [21]

Hodnota výpočtu maximálního dosahu páry v potrubí je poté následující.

$$V_{dp} = \frac{60 \cdot 4,66}{25} = 11,18 \text{ m}$$

Z výpočtu vyplývá délka potrubí, která je při stagnačním provozu pod párou a činí 11,18 m.

Další hodnota potřebná pro konečný výpočet objemu expanzní nádoby je případné zvětšení objemu teplotně kapalniny v kapalném stavu V_e (5.4).

$$V_e = V_a \cdot \beta \quad [1] \quad (5.4)$$

kde V_a objem zařízení [1]

β koeficient roztažnosti [-]

K dosažení bylo zapotřebí zjistit objemy teplotně kapalniny v jednotlivých částech systému. Objem jednoho plochého kolektoru činí 1,48 litrů. V kapitole „Návrh velikosti plochy kolektorů“ byl zvolen systém se dvěma plochými kolektory, proto bude objem kapalniny 2,96 litrů. Objem kapalniny proudící ve spodní spirále zvoleného zásobníku činí 10 litrů. Objem potrubí na základě zaměřování v místě objektu od zásobníku ke kolektoru a zpět činí 20 metrů, tedy objem 20 litrů. Po sečtení těchto tří údajů dostaneme objem zařízení V_a 32,96 litrů. Koeficient roztažnosti je údaj pro teplotně kapalinu při teplotách od -20 °C do 120 °C a činí hodnotu $\beta = 0,13$. [21]

$$V_e = 32,96 \cdot 0,13 = 4,28 \text{ l}$$

Předposlední hodnota, která je potřeba pro úplný výpočet je velikost kapalinové jímky v expanzní nádobě, která by měla mít velikost 4 % objemu zařízení, avšak minimálně alespoň velikost 3 litry.

Poslední potřebná hodnota je koeficient tlaku D_f . Ten se stanoví z následující rovnice (5.5).

$$D_f = \frac{(p_e + 1)}{(p_e - p_o)} \quad [\text{bar}] \quad (5.5)$$

kde p_e maximální tlak zařízení u pojistného ventilu [bar]

p_o vstupní tlak zařízení [bar]

Maximální přípustný tlak p_e u zařízení dle technických podkladů činí 6 bar. [21] Dle projekčních podkladů se tlak dosazuje v jednotce bar, hlavní jednotkou pro tlak je pascal [$\text{m}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$] a převod mezi těmito jednotkami je 1 bar = 100 000 Pa. Systém se nahoře u kolektoru při uvádění do provozu tlakuje na 1 bar a přičítá se k němu 0,1 bar na každý metr statické výšky. U navrhovaného systému byla změřena statická výška 10 m, což činí 1 bar. Dohromady je tedy hodnota p_o 2 bar. [21]

$$D_f = \frac{(6 + 1)}{(6 - 2)} = 1,75 \text{ bar}$$

Po zjištění a upřesnění veškerých potřebných hodnot byl proveden výpočet pro návrh velikosti expanzní nádoby pro námi zvolený systém.

$$V_{exp} = (2,96 + 11,18 + 4,28 + 3) \cdot 1,75 = 37,48 \text{ l}$$

Z výpočtu velikosti objemu expanzní nádoby byla zvolena nádoba o objemu 40 litrů, která by měla být dostačující pro vyrovnávání změn objemu kapaliny způsobených změnami její teploty a udržovat přetlak v soustavě.

Pojistný ventil se dimenzuje dle normy EN 12977 [29]. Musí být sladěn s tepelným výkonem kolektorů. Otevírací přetlak pojistného ventilu se volí obvykle nad 500 kPa, určuje maximální tlak v soustavě s ohledem na tlakovou odolnost nejslabšího prvku solární soustavy (většinou výměník). Každý zdroj musí být vybaven neuzavíratelně připojeným pojistným zařízením a nesmí být mezi ním a kolektory zařazeny žádné uzavírací armatury. Pojistný výkon se stanovuje pro nulové tepelné ztráty kolektoru a sluneční ozáření $1000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. [4]

Hodnoty světlosti pojistného ventilu pro různé plochy kolektorů jsou uvedeny v tabulce 12, v našem případě nás zajímal první sloupec.

Tab. 12 Tabulka pro orientační návrh velikosti pojistného ventilu v závislosti na velikosti kolektorového pole [22]

Plocha kolektorů (m^2)	50	100	200
Pojistný výkon (kW)	35	70	140
Vstupní světlost ventilu (DN)	15	20	25
Výstupní světlost ventilu (DN)	20	25	32

Lze použít jen pojistné ventily, které jsou dimenzovány na maximálně 6 bar a teplotu 120 °C a měly by mít označení písmenem „S“ [22].

5.5 Čerpadlo solárního okruhu a regulace

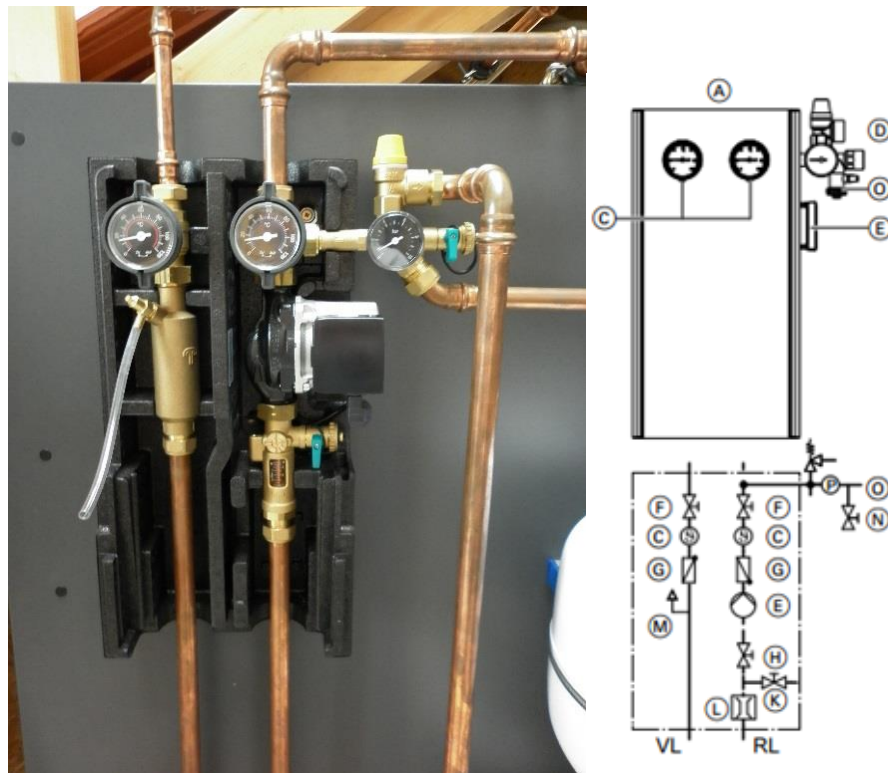
Čerpadlo solárního okruhu je hybným prvkem solární soustavy, překonává tlakové ztráty potrubní sítě a dopravuje teplonosnou kapalinu mezi kolektorem a zásobníkem tepla. V uzavřených solárních okruzích se používají běžná odstředivá čerpadla. Mělo by se zvolit místo, kde bude čerpadlo chráněné před vlivem vysokých teplot. Při kontaktu s teplonosnou kapalinou se směsí glykolu by se neměly vyskytovat žádné problémy.

Obr. 27 Čerpadlo solárního okruhu [vlastní zdroj]



Pro solární systém bylo zvoleno čerpadlo Wilo PARA 15/7.0 (Obr. 27), které je dodávané společně v sestavě se solární čerpací jednotkou Solar Divicon (Obr. 28) firmou Viessmann. Čerpací jednotka spíná pouze v případě pokynu od solární regulace na základě teplotních čidel umístěných v zásobníku a nahoře na kolektoru, kde snímá jejich teplotu.

Obr. 28 Popis čerpací jednotky [vlastní zdroj, 21]



- (A) Solar-Divicon
 - (B) Solární čerpací jednotka
 - (C) Teploměr
 - (D) Pojistná skupina
 - (E) Oběhové čerpadlo
 - (F) Uzavírací ventily
 - (G) Zpětné ventily
 - (H) Uzavírací kohout
 - (K) Vypouštěcí kohout
 - (L) Indikátor objemového toku
 - (M) Odlučovač vzduchu
 - (N) Napouštěcí kohout
 - (O) Přípojka expanzní nádoby
- RL Vratná větev
VL Přívodní větev

Solární regulace vydává pokyny k sepnutí na základě dvou čidel, které jsou propojeny s regulací. Jedná se o čidlo teploty zásobníku a čidlo teploty nahoře na střeše umístěné na kolektoru a měří jeho teplotu. Na základě poklesu teploty vody v zásobníku a nastavených teplot dochází ke spínání a vypínání čerpadla. Další funkcí může být nastavení omezení maximální teploty v zásobníku (90 °C), Při dosažení maximální teploty v zásobníku vypne regulátor oběhové čerpadlo a ochrání tak zásobník před možným poškozením. Regulátor opět sepne čerpadlo až při poklesu teploty v zásobníku pod nastavenou maximální teplotu. Stejný případ nastává, pokud stoupne teplota na kolektoru nad maximální provozní teplotu. Čidlo teploty kolektoru slouží k ochraně a zvyšování životnosti materiálů v solárním okruhu, který je vzdálen dále od kolektorů. Solární regulace je samostatný prvek, který v tomto konkrétním

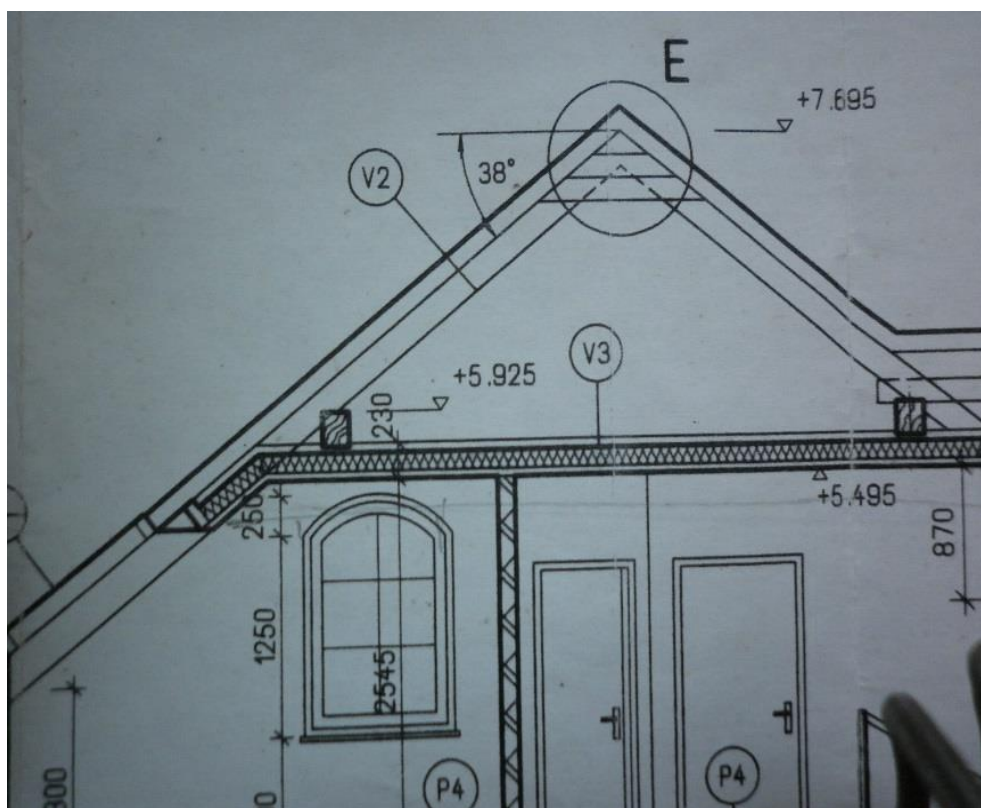
případě nebude spolupracovat s kotlovou regulací. Kotlová regulace pracuje také samostatně za pomoci nastavení požadavků na prostorovém termostatu či přímo na regulaci umístěné v kotli. Solární elektronická regulace zajišťuje automatický bezobslužný provoz.

5.6 Umístění a uchycení kolektorů

Zvolení vhodného umístění solárních kolektorů předurčí, jak bude sestava účinná a jaké výkony ze solárních kolektorů dostaneme. Je rapidní rozdíl, zda budou například umístěny na severu nebo naopak na jihu. Solární kolektory dosahují funkce a jejich životnosti okolo 20 let. Je to dáno okolními vlivy, kterým jsou vystaveny, jako jsou vítr, déšť, zima nebo naopak vysoké teploty. Z toho vyplývá jejich odolnost proti korozi a jejich statická bezpečnost při upevnění. Upevnění lze provádět v nepřeberném množství typů provedení, ploché, šikmé střechy, na fasády objektů či je využít jako designový prvek zastínění místa pro odpočinek.

V řešeném objektu bylo zvoleno umístění nad střešní krytinou na šikmé střeše, která je pod úhlem 38° s orientací na jihozápad, což je patrné z podkladů daného objektu (Obr. 29). Podle projekčních podkladů při orientaci právě na jihozápad lze přičíst 5 % k hodnotě účinnosti kolektoru. V tomto případě více jak polovinu dne bude Slunce dopadat na plochu kolektorů. Umístění směrem na západ je také vhodnější zvolit než směrem na východ kvůli možným výskytům ranních mlh. Na místě byla prováděna kontrola možného budoucího zastínění. Zastínění v předpokládané době provozu u této instalace nehrozí. Při montáži nesmí dojít k porušení ochranné funkce střešní krytiny či samotné střechy. Jedná se hlavně o těsnosti, aby byl umožněn správný odtok vody. Před samotnou instalací a upevněním je nutné zhodnotit dva důležité aspekty, kterými jsou zatížení konstrukce sněhem a větrem. Je to velice důležité z hlediska ochrany stavby před škodami. Pravidla pro posouzení z tohoto hlediska se řídí dle norem ČSN EN 1991-1-3 [34] a ČSN EN 1991-1-4 [35]. Pro představu působení těchto vlivů je sníh pro střechu dodatečná zátěž a ještě o to větší je-li sníh vlhký a mokrý. Vlivem větru dochází k tlakům na konstrukci či sání, kde by mohly prudké nárazy větru konstrukci odtrhnout od střechy a došlo by k nežádoucím škodám na objektu a na samotném zařízení. Systém byl navrhován od firmy Viessman, která disponuje konstrukcemi odzkoušenými dle normy EN 12975 [30]. Při instalaci se musí dát pozor na okrajové oblasti, které jsou vymezeny na konci střechy a rohové oblasti, které jsou vymezeny na dvou stranách konce střechy.

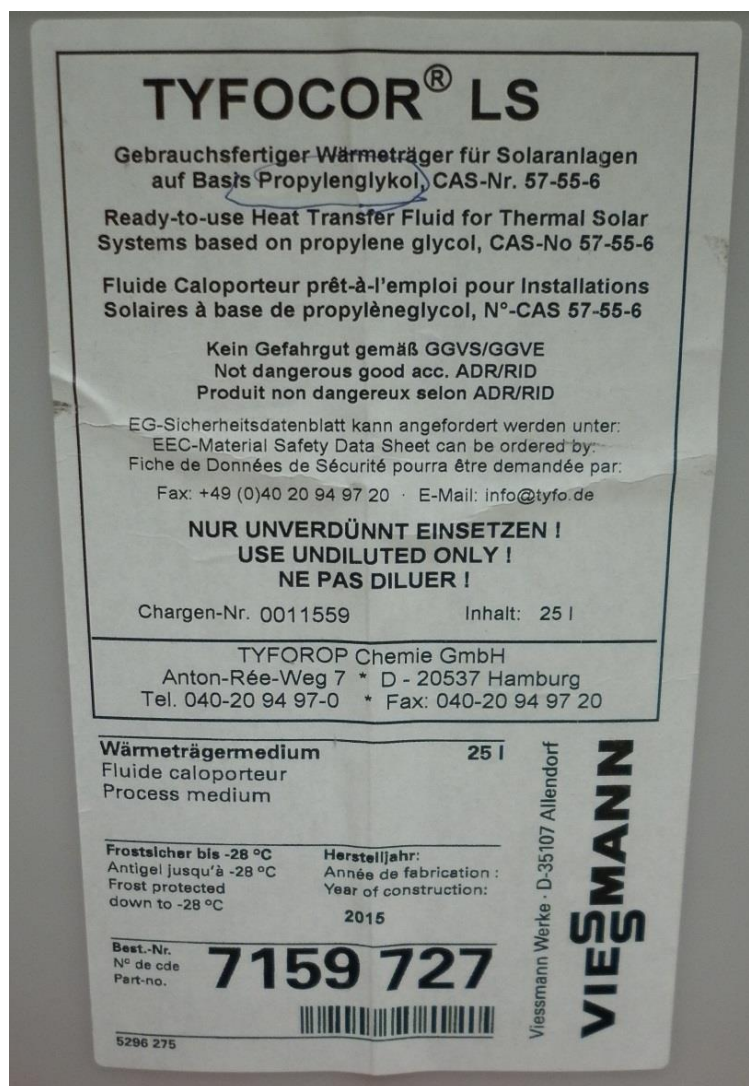
Obr. 29 Sklon šikmé střechy pro instalaci solárních kolektorů [vlastní zdroj]



5.7 Nemrznoucí směs a návrh potrubí s izolací

Bez přítomnosti teplotněstabilního média by solární soustavy byly jen stěží funkční. Princip přenosu tepla za pomoci teplotněstabilní látky už byl v této práci popisován. Voda je základem tohoto média a to z důvodu její tepelné kapacity, proto se hodí pro vysokoteplotní použití, které se u solárních soustav zcela jistě vyskytuje. Pokud by se médium skládalo pouze z vody, tak by v zimních měsících docházelo k jejímu zamrznutí a následným škodám na potrubním systému. Proto zde musí být přítomnost další látky, která zamrznutí kapaliny zabrání. Ve většině případů se jedná o propylenglykol, jehož obsah je v kapalině asi 40 %. Teplota varu je u 188 °C a hustota je 1,04 g.cm⁻³. Ochranná funkce proti korozi se zajistí ochranou proti stárnutí, tedy alkalickým vyrovnáním, které zajišťuje, aby hodnota pH u média zůstala v alkalické oblasti po dlouhou dobu stabilní. Tepelná média, která jsou vystavena malému teplotnímu zatížení, vydrží přibližně 10 let. Vyšším zatížením je médium vystaveno při časté stagnaci solárních kolektorů. V projektu bylo zvoleno Teplotněstabilní médium Tyfocor „LS“ od firmy Viessmann (Obr. 30).

Obr. 30 Štítek z kanystru solární kapaliny Tyfocor [vlastní zdroj]



Při návrhu potrubí je důležité zhodnotit působící okolní vlivy. Trubky z umělé hmoty jsou kvůli možnému vzniku vysokých teplot nevhodné. Pozinkované ocelové trubky chemicky reagují s teplonosnou látkou a došlo by tak k jeho zničení. V poměru výkon/cena se jako nejvhodnější v rozmezí potřebných dimenzí na rozvody potrubí v rodinných domech osvědčila měď. Proto zde byla zvolena měděná trubka Cu 15x1 mm. Jelikož se trubky dodávají většinou po 5 metrových kusech, tak je důležité řešit jejich spoje, abychom dosáhli požadované délky potrubí. Spojování měděných trubek probíhá zpravidla pájením natvrdo a lisováním. Lze použít i pájení naměkko, ale není doporučeno, jelikož by u těchto spojů docházelo k jejich slábnutí vlivem vysokých teplot. Spoje by se měly zajistit svěrnými kovovými těsníciými spoji. Průměrná teplota teplé vody v rozvodech by se měla pohybovat okolo 55 °C. Vedení potrubí je v návrhu zamýšleno od kotelny (teplota okolo 20 °C), tedy od zásobníku v suterénu přímo nahoru do podkrovní domu a následně zlomené kolenem a opět

přímé vedení podél zkosení střechy a následně kolenem opět zlomené k samotným kolektorům na střeše. Teplené ztráty budou vznikat přestupem tepla do okolního prostředí.

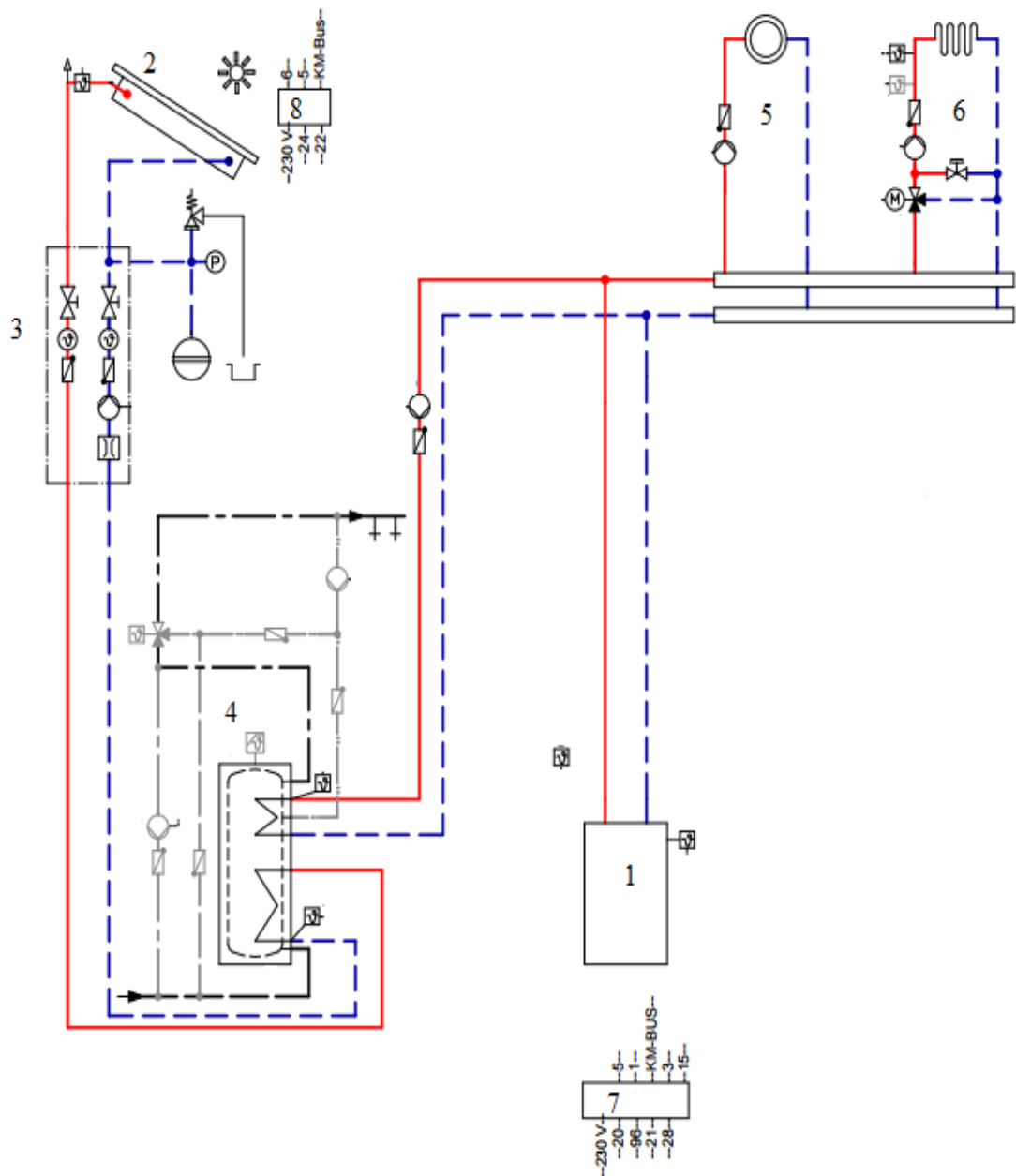
Izolace je nezbytnou součástí solárních soustav. Je důležitá z hlediska tepelných ztrát, pro přenos co nejvyššího možného tepla z kolektorů do zásobníku pro ohřev TUV. O tepelných ztrátách toho bylo výše už také napsáno dostatečně. Je tedy důležitý výběr vhodného materiálu na izolaci, aby byla zajištěna co nejdelší možná životnost. Materiál musí odolávat jak vysokým teplotám, tak i okolním vlivům jako je počasí či okusování izolace drobným ptactvem a v neposlední řadě vlhkostním vlivům UV záření. Okolo teplot 170 °C dochází u izolací k tzv. inkrustaci. Jedná se o výskyt pouze několik málo milimetrů přímo na trubce. Ostatní část bývá neporušena. Pokud k těmto inkrustacím dochází pouze jen krátkodobě, tak lze tyto vlivy tolerovat. Každopádně to má zajisté vliv na životnost izolace a na její izolační účinky. Na solární systém byla zvolena izolace EPDM (etylen-propylen-dien kaučuk) o tloušťce 19 mm.

Zjednodušené schéma solární soustavy

Pro představu je na obrázku 31 nastíněno zjednodušené schéma navrhované soustavy [21]

Obr. 31 Zjednodušené schéma navrhované solární soustavy

1 - současný zdroj tepla (elektrokotel); 2 – solární kolektory; 3 – čerpací jednotka solárního okruhu; 4 – bivalentní zásobník; 5 – radiátorový okruh; 6 – okruh podlahového vytápění; 7 – kotlová regulace; 8 – regulace solárního systému



5.8 Rozpočet projektu - pořizovací náklady

Projekt byl řešen z hlediska přípravy ohřevu TV za pomoci solárních kolektorů. Po výpočtech a výstupech z návrhového nástroje ESOP byla zvolena varianta dvou plochých deskových kolektorů Vitosol 100 - F s 300 litrovým bivalentním zásobníkem na teplou vodu a další ostatní prvky soustavy byly navrženy a dopočítány. Následně byla poptána cenová nabídka od firmy Viessmann, která je zjednodušeně zpracována v tabulce 13. Kompletní nabídka včetně rozepsaných jednotlivých položek je k nahlédnutí v příloze č. 2a. Byla poptána i nabídka solární soustavy s trubicovým kolektorem (Příloha č. 2b), kde je zřetelný cenový rozdíl. Z předešlých úvah a výpočtů bylo použití trubicového kolektoru v tomto konkrétním případě vyhodnoceno jako nevhodné z důvodu vysoké pořizovací ceny.

Tab. 13 Cenová nabídka zvoleného solárního systému [vlastní zdroj]

Označení materiálu	množství	Jednotková cena (Kč)	Cena celkem (Kč)
Sestava Vitosol 100-F SV1A 4,6 m ² s Vitocell-B, CVBB 300 l, solar-divicon SD1 2x Vitosol 100-F SV1A 2,3m ²	1	68 620 Kč/kus	68 620 Kč
Solární ruční plnicí pumpička	1	2 520 Kč/kus	2 520 Kč
Upevňovací sada "krokvový hák" 2xSV	1	5 490 Kč/kus	5 490 Kč
Termostatický směšovací automat	1	1 650 Kč/kus	1 650 Kč
Cu měděná trubka 15x1 mm	22	95 Kč/m	2 090 Kč
4x CU solární koleno 90° 9002-15- lisovací 6x CU solární nátrubek 9270-15- lisovací 2x svěrné šroubení 2x CU solární přechod 8243-15x1 (1/2")-závit venkovní- lisovací 2x přechod 1/2"- 1"	1	1 450 Kč	1 450 Kč
Kompletní instalace	1	15 000 Kč	15 000 Kč
Izolace EPDM tl. 19 mm	30	135 Kč/m	4 050 Kč
UDP regulace Vitosolic 100/SM1 modul	1	1 400 Kč	1 400 Kč
Sazba na 1km technika	60	16 Kč/km	960 Kč
Součet položek			103 230 Kč
21% DPH		103 230 Kč	21 678,30 Kč
Součet v CZK			124 908,30 Kč

Cenová nabídka je naceněna pro montážní firmy, tedy s 21% DPH. Montážní firma investorovi materiál pouze nepřeprodává, ale i montuje a považuje se to tedy za služby, konkrétně stavební práce týkající se bydlení, které podléhají 15% DPH. Každá z firem se může značně odlišovat v cenách za použitý materiál či provedené práce. Cenová nabídka je nabízena v tomto případě bez rabatů. Pro montážní firmy, bývá hodnota rabatu u solárních zařízení okolo 25%. Budeme-li uvažovat s 15% DPH a dodatečnou slevou pro investora 10%, dostaneme se na konečnou pořizovací cenu včetně montáže a materiálu 106 843,05 Kč s DPH.

5.9 Ekonomické posouzení

Ekonomické hledisko je v dnešní době jedno z hlavních kritérií při výběru a realizaci jakéhokoliv projektu při použití solárních systémů. U solárních soustav je to o to víc jelikož solární systém se ve spoustě případech dodává až dodatečně jako druhý zdroj tepla, v okamžiku kdy majitel začne počítat současné náklady a začne hledat jiné cesty jak a kde uspořit za výdaje na energii.

U solárního systému a celkového konečného rozhodování o jeho realizaci hraje roli, jaký druh současného zdroje tepla majitel bude nahrazovat a jaký systém pro výrobu tepla používal do této chvíle. V tomto projektu byla řešena náhrada ze elektrický zdroj (elektrokotel), proto hodnocení bylo provedeno z tohoto hlediska. V případě elektrické energie se většinou jedná o dva případy náhrady, a to buďto že, majitel využívá elektřinu plnohodnotně, tedy na ohřev i vytápění domu zároveň a druhým případem je využití elektrické energie pouze na ohřev TUV. Rozdíl je v tom, že v prvním případě majitel dle konkrétní sazby využívá nízký tarif až 20 hodin denně a platí tak nízkou cenu za elektřinu a v případě využití elektrokotle pouze na ohřev TUV již bude nízký tarif značně omezen a bude se přes den střídát s vysokým tarifem, kde majitel zaplatí až o 50 % více za elektřinu. Z tohoto hlediska bude konečné hodnocení prosté doby návratnosti odlišné. Pro objasnění bylo zpracované ekonomické posouzení pro oba dva tyto případy.

5.9.1 Provozní výnosy

Za provozní výnosy se považuje hodnota energie získaná z kolektorového okruhu. Při uvažování ohřevu vody o objemu 280 l byla tato hodnota na základě výpočtového nástroje ESOP stanovena na 1945,74 kWh.rok⁻¹ Další výnosy se získají z úsporného provozu cirkulace, která bude v provozu pouze v odběrových špičkách. Hodnota konečné

úspory je 2494,5 kWh.rok⁻¹. Hodnota úspory z programu ESOP je ve výstupní zprávě návrhu deskových kolektorů s ohřevem vody o objemu 280 l. (Příloha č. 6).

5.9.2 Provozní náklady

Provozní náklady jsou většinou počítány na období jednoho roku, proto byly spočítány přibližné roční provozní náklady. U solárních soustav jsou některé doby výměn či servisů všeobecně známé. Solární kapalina se zpravidla mění okolo pátého roku provozu (záleží na správném návrhu a chodu soustavy), oběhové čerpadlo dozná výměny okolo desátého roku provozu solární soustavy. Roční provozní náklady, budou zhruba takové, jak ukazuje tabulka 14.

Tab. 14 Hrubé roční provozní náklady [vlastní zdroj]

Roční provozní náklady	Kč/rok
Spotřeba elektrické energie (oběhové čerpadlo, cirkulační čerpadlo a regulace)	250 Kč
Náklady na výměnu teplotnosné kapaliny	200 Kč
Servisní náklady	1000 Kč
Poměrné náklady na výměnu oběhového čerpadla	360 Kč
Celkové provozní náklady	1810 Kč

5.9.3 Prostá doba návratnosti, možnost získání dotací

Prostá návratnost investice do solárního systému je jednoduché ekonomické kritérium, které nám říká, za jak dlouho se investice vrátí bez uvažování inflace a není zde zahrnuta ani ušlá příležitost, což je možnost jiného zhodnocení peněz, jako jsou investiční fondy či podílové fondy. Přesto se tohle běžné hodnocení investice pro domácnosti považuje za dostačující.

Pro výpočet [17] nám postačí rovnice (5.6), dle které lze učinit závěr, zdali se investice do systému vyplatí. Pro výpočet bylo nutné znát, kolik platíme za energii potřebnou pro ohřev vody současným zdrojem tepla (elektrokotel). Dále investiční náklady na nový navržený solární systém a jeho následné roční náklady na provoz. Je nutné znát dobu životnosti solárního systému, kterou by měl sdělit výrobce. A v neposlední řadě znát hrubé množství vyrobené energie za rok za pomoci solárních kolektorů.

Prostá doba splácení se poté vypočte následujícím způsobem.

$$T_s = \frac{(T_z \cdot N_p + N)}{(c \cdot E)} \quad [\text{roky}] \quad (5.6)$$

kde	T_z	doba životnosti	[roky]
	N_p	provozní náklady	[Kč.rok ⁻¹]
	N	investiční náklady	[Kč]
	c	stávající cena energie	[Kč/kWh]
	E	množství vyrobené energie	[kWh.rok ⁻¹]

První hodnocený případ byl spočítán pro solární soustavu, která byla vybrána jako nejvhodnější pro řešený objekt, tedy ve spojení s plochými kolektory. Majitel využívá současný zdroj, elektrický kotel pro ohřev TUV a vytápění celého objektu, splňuje tedy podmínky pro využívání nízkého tarifu. Prostá doba návratnosti je tedy počítána za předpokladu využívání nízkého tarifu, konkrétně 2,33 Kč za 1 kWh.

$$T_s = \frac{(20 \cdot 1810 + 106\,843,05)}{(2,33 \cdot 2494,5)} = 24,6 \text{ roku}$$

Doba návratnosti navrženého solárního systému posouzena z hlediska platby nízkého tarifu za odběr elektřiny byla spočtena bezmála na 25 let. Pokud bychom uvažovali dobu životnosti solární soustavy 20 let, tak bychom tento systém mohli považovat za zcela zbytečný a investice by se zřejmě nevyplatila. Možné zlepšení návratnosti systému nastane při výpočtu s poníženou pořizovací cenou o částku získanou z dotací.

Doba návratnosti navrženého solárního systému při získání dotace

Při předpokladu udělení dotace investorovi v plné možné výši, která v tomto případě spadá pod podoblast C. 3.1 - Instalace solárních termických systémů a činí maximálně 35 000 Kč při instalaci solárního termického systému na přípravu teplé vody [36], by doba prosté návratnosti klesla na hodnotu okolo 19 let. Předpokládaná doba životnosti udávaná výrobcem je 20 let a není myšlena, tak že bychom byli nuceni po uplynutí této doby celý systém vyhodit a pořídit nový. Životnost solárních kolektorů se pohybuje okolo 30 let, ostatní prvky jako čerpadlo mají životnost 10 let a zásobník 15 let. Z těchto známých údajů plyne, že

tento systém by se pro konkrétní řešený objekt moc nevyplatil ani po získání dotace. V této práci byl uveden modelový příklad návrhu, který se v praxi může značně lišit a ovlivňovat tak prostou dobu návratnosti, hlavními aspekty jsou ceny za montáž, které si určuje každá firma sama, dále je to cena za použitý materiál (trubky, izolace, spojky) a veškeré náklady související s montáží jako jsou špatné podmínky pro montáž na střechu a s tím související náklady, je důležité se takovým navýšením vyvarovat. V neposlední řadě je velice důležité prověřit si výrobce a kvalitu jejich výrobků. Je možné získat solární kolektory značně levnější, než jsou k dostání na našem trhu, ale většinou na úkor kvality a tedy i jejich životnosti. Nutno zmínit, že hodnocené kolektory v této práci včetně navržených komponentů jsou z těch, které spadají do vyšší cenové kategorie, zároveň se vykazují vysokou kvalitou a dlouhou životností, ale na českém trhu lze sehnat levnější se stejnými technickými parametry a srovnatelné z hlediska jejich kvality. Pokud bychom hodnotili tento systém z hlediska trendu zvyšování cen za energii, tak by i tento systém stál za zvážení při předpokladu vyplacení dotace v plné možné výši.

Postup při žádosti o dotaci

Nový dotační systém a jeho 3. výzva byla spuštěna ke konci října roku 2015 a nese název „Nová zelená úsporám“, jedná se o nástupce předešlého dotačního systému „Zelená úsporám“, který byl ukončen v roce 2011. Nynější dotační systém je v kategorii termických systémů platný pro celou oblast České republiky s omezením pouze na rodinné domy. Do konce roku 2021 plánuje stát rozdat v rámci dotačního programu Nová zelená úsporám na dotacích až 27 mld. Kč. Lidé mohou žádat o dotaci před, při a také již po realizaci projektu. „Nová zelená úsporám“ podporuje i solární systémy pro ohřev TUV a to až do maximální výše 35 000 Kč a to za předpokladu splnění určitých podmínek. Jednou z podmínek je minimální hodnota energie získaná z kolektorové plochy $350 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ Tyto podmínky navržený systém splňuje, což bylo ověřeno i vyplněním šablony pro zjištění splnění podmínek daného dotačního programu (Příloha č. 11). Nastavená kritéria pro získání dotace mají svůj účel a chtějí tak zabránit finanční podpoře špatně navržených systémů s neefektivním využitím. [27,28]

Průběh žádosti o dotaci před realizací projektu

- Podání žádosti s vyžadovanými dokumenty
- Kontrola a schválení příslibu dotace

- Realizace
- Doložení dokladů o realizaci s fakturou
- Kontrola dokladů
- Proplacení dotace na účet

Pro zajímavost a orientačně byl zhodnocen ten stejný navržený solární systém, ale za předpokladu, že by potencionální investor v současné době využíval elektrickou energii pouze na ohřev TUV, využíval by nízký tarif pouze několik málo hodin denně a vysoký tarif by převažoval, zaplatí za 1 kWh přibližně 4,1 Kč.

$$T_s = \frac{(20 \cdot 1810 + 106\,843,05)}{(4,1 \cdot 2494,5)} = 14 \text{ roků}$$

Kdyby došlo k využití možnosti získat dotaci, tak by doba návratnosti činila něco okolo 11 let. V tomto případě by investice určitě stála za zvážení. Investice se jeví jako zajímavá možnost ušetření výdajů za využívanou energii. Z výpočtů vyplývá, že prostá doba návratnosti je zcela ovlivněna nynějšími náklady na výrobu tepla a ohřevu TUV.

Poslední zhodnocená varianta byla solární soustava s trubicovým kolektorem, kde je vysoký cenový rozdíl oproti plochým kolektorům a tedy logicky by se měla doba návratnosti pohybovat ve vyšších číslech než ve zvolené variantě pro RD Divišov. Pořizovací cena s trubicovým kolektorem by investora vyšla na 177 171,3 Kč s DPH. Lehce odlišné bylo v tomto výpočtu i množství vyrobené energie. Cena za 1 kWh byla počítána pro současné využívání nízkého tarifu.

$$T_s = \frac{(20 \cdot 1810 + 177\,171,3)}{(2,33 \cdot 2248,4)} = 40,7 \text{ roku}$$

Z tohoto výpočtu vyplývá, že jedna z navrhovaných variant pro řešený objekt s trubicovým kolektorem není vhodná pro instalaci na tento konkrétní rodinný dům, z důvodu vysoké pořizovací ceny a následné vyšší doby návratnosti 41 let.

6. Závěr

V diplomové práci byl proveden kompletní návrh solární soustavy pro ohřev TUV dle konkrétních požadavků investora, včetně zhodnocení investice s případným získáním dotací na tento projekt. Práce byla zpracována, jelikož využití obnovitelných zdrojů je velkým tématem posledních let a právě využití solárních systémů je jednou z možných variant při řešení této problematiky. Při řešení bylo využito projekčních podkladů s výpočty a výpočetní program ESOP pro bilancování solárních systémů. Zaměřování a získávání vstupních parametrů pro zadávání do simulačního programu ESOP probíhalo v místě objektu a následně byly hodnoceny a bilancovány předem určené kombinace solárních soustav s odlišnými požadavky na objemy ohřívání vody. Po výběru kolektorů pro konkrétní objekt byly za pomoci výpočtů navrženy ostatní nedílné prvky solární soustavy s cílem dosáhnout co nejekonomičtějšího a nejefektivnějšího provozu.

Bilancování plochých a trubicových kolektorů ukázalo rozdílné stupně využití solárních soustav s ohledem na rozdílnou velikost osluněné plochy kolektorů a stejně tak s ohledem na rozdílné množství ohřívání teplé užitkové vody. Průměrné solární krytí za rok, tedy podíl na ohřevu vody se lišil na základě totožných parametrů jako stupeň využití. Podstatnou nevýhodou byly vznikající přebytky tepla v letních měsících. Pokud by to situace dovozovala, tak lze tyto přebytky řešit případným ohřevem vody v bazénu a využít tak další vyrobené teplo. Při využití solárních kolektorů v menších objektech či větších rodinných domech se ukázalo, že ploché kolektory v podmínkách České republiky mají stejnou využitelnost jako trubicové kolektory. Solární zisky by byly dostačující a není nutno pro ohřev TUV využívat zbytečně dražších trubicových kolektorů. Na základě bilancování solárních kolektorů jsem zvolil variantu s plochými kolektory, která se na základě výstupních hodnot a pořizovací ceny jevila jako nejvhodnější pro řešený objekt. Po určení provozních výnosů a nákladů se přistoupilo k hodnocení prosté návratnosti zvoleného systému, která i po odečtení nejvyšší možné získané dotace nedosahovala takových čísel, jaká by si budoucí investor zřejmě představoval. Při životnosti kolektorů okolo 30 let a ostatních prvků jako jsou zásobník 15 let a čerpadlo solárního okruhu 10 let se jeví prostá doba návratnosti systému 19 let poněkud nepřesvědčivě. Nutno podotknout, že navržený systém se řadí mezi vyšší cenovou kategorii. Ukázalo se, že prostá doba návratnosti se snižuje při eliminování zbytečných nákladů. Aby se investice do solárního systému vyplatila, je nutné se takovým nákladům vyvarovat. Takovými náklady jsou přemrštěné pořizovací náklady na systémy, jejichž stejnou funkci by zastaly daleko levnější solární soustavy na českém trhu. Důležitý je

správný výběr montážní firmy z hlediska nákladů na práci a použitý materiál. Další ukazatel, který bude snižovat dobu návratnosti je každoroční zvyšování cen energií. Zde hodně záleží na tom, jaký zdroj tepla bude nahrazován a jaké jsou současné náklady na ohřev TUV.

Z této práce vyplývá nutnost správného návrhu a sladění jednotlivých komponentů solární soustavy pro dosažení maximálních zisků a zároveň schopnost udržet náklady pod kontrolou. Pokud se tyto okolnosti podaří sladit, jsou solární termické systémy zajímavou volbou pro ohřev TUV v rodinném domě. Dotační systémy se začínají čím dál tím více dostávat lidem do podvědomí. Využitím této možnosti v podobě uhrazení určité částky z nákladů na pořízení solárních soustav, jejich atraktivnost bude nadále stoupat. Při uvažování o pořízení solárního systému hraje roli profesionální přístup projekčních a montážních firem, díky kterým by měl být systém správně navržen a následně namontován a uveden do provozu. Pokud bude vše správně naprojektováno a bude zajištěna maximální funkčnost s ohledem na ekonomiku provozu, myslím si, že solární systémy čeká lepší budoucnost než doposud a budeme vidat v České republice čím dál tím více osazených střech objektů solárními kolektory.

7. Seznam použité literatury

- [1] LADENER, Heinz a Frank SPÄTE. *Solární zařízení*. 1. vyd. Praha: Grada, 2003, 267 s. Stavitel. ISBN 80-247-0362-9.
- [2] VIESSMANN. *Solární termické systémy*. Projekční příručka. ©2009. [cit. 2015-11-04]
- [3] CIHELKA, Jaromír. *Solární tepelná technika*. 1. vyd. Praha: Tomáš Malina, 1994, 203 s. ISBN 80-900759-5-9.
- [4] MATUŠKA, Tomáš. *Solární tepelné soustavy*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2009, 194 s. Sešit projektanta – pracovní podklady. ISBN 978-80-02-02186-5
- [5] MATUŠKA, Tomáš. *Typy solárních kolektorů*. TZB-info.cz [online]. [cit. 2015-11-08]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solarnich-kolektoru>
- [6] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Obnovitelné zdroje v roce 2013*. mpo.cz [online]. [cit. 2015-11-26]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/dokument153790.html>
- [7] MATUŠKA, Tomáš. *Plocha solárního kolektoru*. TZB-info.cz [online]. [cit. 2015-12-01]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/159-plocha-solarniho-kolektoru>
- [8] ČESKÝ HYDROMETOROLOGICKÝ ÚSTAV. *Globální záření*. chmi.cz [online]. [cit. 2015-12-03]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/>
- [9] ŠOUREK, Bořivoj. *Přímé využití sluneční energie*. TZB-info.cz [online]. [cit. 2015-12-04]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/6518-prime-vyuziti-slunecni-energie-systemy-vyuzivajici-fotothermalni-kapalinove-kolektory-i>
- [10] VAŠE TOPENÍ. *Využití solárních panelů*. vasetopeni.cz [online]. [cit. 2015-12-14]. Dostupné z: <http://www.vasetopeni.cz/vyuziti-solarni-panelu-3549cz/>
- [11] MATUŠKA, Tomáš. *Chyby v instalacích solárních soustav*. TZB-info.cz [online]. [cit. 2015-12-18]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/12760-chyby-v-instalacich-solarnich-soustav-prvky-solarni-soustavy>
- [12] SCHLIGER. *Jak funguje solární ohřev vody*. schlieger.cz [online]. [cit. 2015-12-18]. Dostupné z: <http://www.schlieger.cz/jak-funguje-solarni-ohrev-vody/>

- [13] SAPÍK, Jaromír. *Využití solární energie v podmínkách ČR*. Brno, 2007. Bakalářská práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Agronomická fakulta. Dostupné z: file:///C:/Users/kasa/Downloads/zaverecna_prace.pdf
- [14] SOLÁRNÍ SPOLEČNOST. *Zásobníky*. [solarnispolecnost.cz](http://www.solarnispolecnost.cz). [online]. [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: <http://www.solarnispolecnost.cz/cz/zasobniky>
- [15] VIESSMANN. *Nabídka zásobníků*. [viessmann.cz](http://www.viessmann.cz) [online]. [cit. 2016-01-11]. Dostupné z: <http://www.viessmann.cz/cs/obytnebudovy.html#pgroup=018bb1f11504695ad656e0676ecd59b9>
- [16] VANĚK, Vladimír. *Vše o membránových expanzních nádobách*. TZB-info.cz [online]. [cit. 2016-01-11]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/5894-vse-o-membranovych-expanznich-nadobach>
- [17] MURTINGER, Karel a Jan TRUXA. *Solární energie pro váš dům*. 1. vyd. Brno: ERA, 2005, 91s. 21.stoeltí. ISBN 80-7366-029-6
- [18] REGULUS. *Solární čerpadlové skupiny*. [regulus.cz](http://www.regulus.cz) [online]. [cit. 2016-01-14]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/cerpadlova-skupina-s2-srs3-e>
- [19] MATUŠKA, Tomáš. *Solární soustavy pro bytové domy*. 1. vyd. Praha: Grada, 2010, 136 s. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-3503-0
- [20] MATUŠKA, Tomáš. *Prvky solárních soustav I*. TZB-info.cz [online]. [cit. 2016-01-14]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3418-prvky-solarnich-soustav-i>
- [21] VIESSMANN. *Projekční návody k řadě Vitosol*. Projekční návod. [cit. 2016-02-16]
- [22] MATUŠKA, Tomáš. *Pojistný ventil*. TZB-info.cz [online]. [cit. 2016-03-04] Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/149-pojistny-ventil>
- [23] TZB-INFO. *Potřeba tepla pro ohřev teplé vody*. TZB-info.cz [online]. [cit. 2016-02-22]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>
- [24] SKUPINA ČEZ. *Časy spínání HDO*. [cez.cz](http://www.cez.cz) [online]. [cit. 2016-02-28] Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/sluzby-pro-zakazniky/technicke-zalezitosti/pro-odberatele/hdo.html>

- [25] EKOLOGICKÁ ZNAČKA. *Modrý Anděl* [online]. [cit. 2016-03-14] Dostupné z: <https://www.blauer-engel.de/>
- [26] NÁVRHOVÝ NÁSTROJ ESOP. *Viessmann*. [cit. 2016-03-16]
- [27] VERMOS. *Dotace pro solární systémy*. [online]. [cit. 2016-03-17] Dostupné z: <http://www.vermos.cz/?q=node/140>
- [28] VIESSMANN. *Firemní prezentace dotace*. [online]. [cit. 2016-03-17] Dostupné z: viessmann.cz
- [29] ČSN EN 3320. *Elektrotechnické předpisy, Elektrické přípojky*. 1. Praha: Středočeská energetická, a. s., 1996.
- [30] ČSN EN 12975-1+A1. *Tepelné solární soustavy a součásti - Solární kolektory*. 1. část. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [31] ČSN EN 12977-1. *Tepelné solární soustavy a součásti – Soustavy stavěné na zakázku: Obecné požadavky na solární ohřivače vody a kombinované soustavy*. 1. část. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [32] ČSN EN 15316-3-1. *Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinností soustavy - Část 3-1: Soustavy teplé vody, charakteristiky potřeb (požadavky na odběr vody)*. 2.vyd. Praha: 2008.
- [33] ČSN EN 38 3350. *Zásobování teplem: Všeobecné zásady*. 1. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1989.
- [34] ČSN EN 1991-1-3. *Zatížení konstrukcí: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*. Část 1-3. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- [35] ČSN EN 1991-1-4. *Zatížení konstrukcí: Obecná zatížení - Zatížení větrem*. Část 1-4. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- [36] NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM. *Podmínky oblasti podpory C*. [cit. 2016-03-24] Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/podminky-oblasti-podpory-c-3-vyzva/>

Seznam použitých tabulek, grafů, a obrázků a příloh

Seznam tabulek:

<i>Tabulka 1: Vývoj dodávek solárních kolektorů na český trh</i>	12
<i>Tabulka 2: Potřeba teplé vody v litrech</i>	25
<i>Tabulka 3: Orientační hodnoty spotřeby teplé vody v litrech v jednotlivých měsících</i>	30
<i>Tabulka 4: Hodnoty stupně využití solárního systému v jednotlivých měsících při ohřevu 280 litrů vody</i>	36
<i>Tabulka 5: Procentuální podíl na přípravě teplé vody (280l) s využitím deskových kolektorů</i>	37
<i>Tabulka 6: Stupně využití plochých kolektorů v jednotlivých měsících při uvažovaném ohřevu 200 litrů vody za den</i>	38
<i>Tabulka 7: Podíl solární energie při ohřevu denní potřeby 200 litrů vody</i>	39
<i>Tabulka 8: Výchozí hodnoty stupně využití při ohřevu potřeby 200 l vody na den pro následný graf</i>	41
<i>Tabulka 9: Hodnoty z programu ESOP pro následný graf podílu solární energie pro ohřev 200 l vody z trubicového kolektoru</i>	42
<i>Tabulka 10: Stupeň využití pro 2 kusy trubicový kolektorů při potřebě 280 litrů teplé vody na den</i>	43
<i>Tabulka 11: Krytí TV vakuovým trubicovým kolektorem (280l)</i>	44
<i>Tabulka 12: Tabulka pro orientační návrh velikosti pojistného ventilu v závislosti na velikosti kolektorového pole</i>	48
<i>Tabulka 13: Cenová nabídka zvoleného solárního systému</i>	56
<i>Tabulka 14: Hrubé roční provozní náklady</i>	58

Seznam grafů:

<i>Graf 1: Vývoj plochy činných solárních kolektorů v ČR (m²)</i>	13
<i>Graf 2: Roční průběh spotřeby teplé vody v jednotlivých měsících</i>	31
<i>Graf 3: Naznačení stupně využití navrhovaného solárního systému s plochými kolektory</i>	37
<i>Graf 4: Průběh procentuálního podílu na přípravě TV plochými kolektory (280l)</i>	38
<i>Graf 5: Měsíční průběhy stupně využití kolektorů Vitosol 100 – F (200l)</i>	39
<i>Graf 6: Solární krytí v grafické podobě pro potřeby 200 litrů TV na den</i>	40
<i>Graf 7: Využití trubicového kolektoru v dané lokalitě při denní potřebě 200 l TV</i>	41
<i>Graf 8: Graf pro představu, jak by se solární systém ve spojení s Vitosol 300-T podílel v daném objektu na přípravě TV o objemu 200l na den</i>	42
<i>Graf 9: Naznačený průběh ročního využití 2 kusů trubicových kolektorů (280l)</i>	43
<i>Graf 10: Roční podíl kolektoru Vitosol 300-T na ohřevu TV (280l)</i>	44

Seznam obrázků:

<i>Obrázek 1: Slunce a Země</i>	3
<i>Obrázek 2: Množství záření na zemský povrch</i>	3
<i>Obrázek 3: Globální záření v ČR</i>	4
<i>Obrázek 4: Sluneční záření v ČR</i>	5
<i>Obrázek 5: Mapa globálního záření v ČR</i>	5
<i>Obrázek 6: Mapa slunečního svitu v ČR</i>	6
<i>Obrázek 7: Rozměry jednotlivých ploch solárních kolektorů</i>	7
<i>Obrázek 8: Řez plochým kolektorem</i>	8
<i>Obrázek 9: Ploché vakuové kolektory</i>	9

<i>Obrázek 10: Vakuový trubicový kolektor s přímým průtokem</i>	10
<i>Obrázek 11: Vakuový trubicový kolektor s přenosem tepla technikou heatpipe</i>	10
<i>Obrázek 12: Jednostěnná trubka s tepelnou trubicí</i>	11
<i>Obrázek 13: Dvoustěnná trubka s tepelnou trubicí</i>	11
<i>Obrázek 14: Trubicový kolektor s reflektorem</i>	12
<i>Obrázek 15: Řez zapojení solárního systému</i>	14
<i>Obrázek 16: Monovalentní zásobník</i>	15
<i>Obrázek 17: Bivalentní zásobník</i>	16
<i>Obrázek 18: Funkce expanzní membránové nádoby</i>	17
<i>Obrázek 19 : Správné umístění teplotních čidel</i>	18
<i>Obrázek 20: Čerpadlová skupina s integrovanou regulací</i>	19
<i>Obrázek 21: Sklon, orientace, ozáření</i>	21
<i>Obrázek 22: Řešený objekt</i>	24
<i>Obrázek 23: Zdroj tepla (elektrokotel) včetně 160 l zásobníku</i>	25
<i>Obrázek 24: Graf s křivkami účinnosti při různých teplotních rozdílech ΔT</i>	33
<i>Obrázek 25: Princip přenosu tepla u kolektoru Vitosol 300-T</i>	35
<i>Obrázek 26: 2 kusy zvolených plochých kolektorů Vitosol 100-F</i>	45
<i>Obrázek 27: Čerpadlo solárního okruhu</i>	49
<i>Obrázek 28: Popis čerpací jednotky</i>	50
<i>Obrázek 29: Sklon šikmé střechy pro instalaci solárních kolektorů</i>	52
<i>Obrázek 30: Štítek z kanystru solární kapaliny Tyfocor</i>	53
<i>Obrázek 31: Zjednodušené schéma navrhované solární soustavy</i>	55

Seznam příloh:

Příloha 1: Seznam vstupních a měřených hodnot pro vkládání do nástroje ESOP

Příloha 2a: Cenová nabídka pro solární soustavu s plochými kolektory Vitosol 100-F

Příloha 2b: Cenová nabídka pro solární soustavu s trubicovým kolektorem Vitosol 300-T

Příloha 3: Technická zpráva řešeného rodinného domu

Příloha 4: List technických údajů navrženého zásobníku TUV

Příloha 5: List technických údajů zvolených plochých kolektorů

Příloha 6: List technických údajů trubicového kolektoru

Příloha 7: Výstupní protokol z programu ESOP pro Vitosol 100-F a ohřev 280 l vody

Příloha 8: Výstupní protokol z programu ESOP pro Vitosol 100-F a ohřev 200 l vody

Příloha 9: Výstupní protokol z programu ESOP pro Vitosol 300-T a ohřev 200 l vody

Příloha 10: Výstupní protokol z programu ESOP pro Vitosol 300-T a ohřev 280 l vody

Příloha 11: Bilance solárních termických systémů pro potřeby programu Nová zelená úsporám

Seznam zkratk:

RD - rodinný dům

TUV - teplá užitková voda

TV- teplá voda

WMO - World Meteorological Organization

Vybrané symboly

Značka	Jednotka	Význam
$Q_{TUV,d}$	[Wh]	denní potřebu tepla
ρ	[kg.m ⁻³]	měrná hmotnost vody
c	[J. kg.K ⁻¹]	měrná tepelná kapacita vody
V_{2p}	[m ³ /den]	celková potřeba teplé vody za 1 den
$Q_{TUV,r}$	[Wh]	roční potřeba tepla
t_{svl}	[°C]	teplota studené vody v létě
t_{svz}	[°C]	teplota studené vody v zimě
N	[dny]	počet pracovních dní soustavy v roce
$T_{celk.}$	[min]	celková doba ohřevu
V_z	[l]	objem velikosti zásobníku
$t_{výst}$	[°C]	požadovaná teplota po ohřátí
t_{vstup}	[°C]	vstupní teplota studené vody do zásobníku
P	[kW]	výkon z plochy kolektorů
V_{exp}	[l]	objem expanzní nádoby
V_{kol}	[l]	objem kapaliny v kolektorech
V_{dp}	[m]	maximální dosah páry v potrubí
V_e	[l]	zvětšení objemu teplotnosné kapaliny v kapalném stavu
V_{fv}	[l]	kapalinová jímka v expanzní nádobě
D_f	[bar]	koefficient tlaku
DPL_{max}	[W.m ⁻²]	maximální výkon při produkci páry
$A_{kolektor}$	[m ²]	plocha apertury kolektoru
$\dot{Q}_{potrubí}$	[W.m ⁻¹]	tepelný ztrátový výkon potrubí
V_a	[l]	objem zařízení
p_e	[bar]	maximální tlak zařízení u pojistného ventilu
p_o	[bar]	vstupní tlak zařízení
T_s	[roky]	prostá doba návratnosti
$T_{\dot{z}}$	[roky]	doba životnosti
N_p	[Kč.rok ⁻¹]	provozní náklady
N	[Kč]	investiční náklady
c	[Kč/kWh]	stávající cena energie
E	[kWh.rok ⁻¹]	množství vyrobené energie

Přílohy

Příloha 1: Seznam vstupních a měřených hodnot pro vkládání do nástroje ESOP

Vstupní hodnoty pro bilancování solárních soustav v nástroji ESOP	
Lokalita	Divišov (okres Benešov)
Klimatická data	Kramolín-Košetice
Zeměpisná šířka	49,6°
Zeměpisná délka	-15,1°
Roční úhrn globálního záření	1048,2 kWh.m ⁻²
Podíl difuzního záření	57%
Průměrná venkovní teplota	7,3 °C
Minimální venkovní teplota	-15,9 °C
Spotřeba teplé vody	
Průměrná denní spotřeba	200 a 280 l
Požadovaná teplota vody	55 °C
Teplota studené vody v únoru	5 °C
Teplota studené vody v srpnu	15°C
Cirkulace	
Jednoduchá délka potrubí	5 m
Roční ztráty cirkulace	183,4 kWh
Sepnutá cirkulace	6:00-8:00 a 18:00-21:00
Součásti systému	
Dotopový zdroj	Protherm Elektrokotel 21 kW
Bivalentní zásobník TUV	Viessmann objem 300 l
Solární kolektory	
Ploché deskové	Viessmann Vitosol 100-F
Trubicové vakuové	Viessmann Vitosol 300-T
Úhel sklonu	38°
Orientace	jihozápad
Potrubí	
Jednoduchá délka potrubí	10 m
Celková délka potrubí	20 m
Délka venkovního potrubí	2 m
Měděné potrubí	15x1 mm
Izolace (EPDM)	
TI. tepelné izolace v domě	19 mm
TI. tepelné izolace venku	19 mm
TI. tepelné izolace mezi kolektory	19 mm

Příloha 2a: Cenová nabídka pro solární soustavu s plochými kolektory Vitosol 100-F

Jan Kočka
180 00 Praha

Pižeňská 189
252 19 Chrástany
Telefon: 257 090 900
Fax: 257 950 306

Kontaktní osoba:
Jan Eichenmann
Telefon: +420 2 570909-18
E-Mail: EicJ@viessmann.com

15.3.2016

Projekt: RD Divišov - Vitosol 100-F
Číslo nabídky: 9720052097

Vážené dámy a pánové,

děkujeme Vám za Vaši poptávku. Na jejím základě si Vám dovoluujeme ve smyslu našich Všeobecných prodejních podmínek nabídnout požadované produkty. Ceny jednotlivých položek uvedených v nabídce jsou v Kč a nezahrnují zákonnou DPH.

Naše cenová nabídka je platná 6 měsíců.
Vyhrazujeme si právo na technické změny, vylepšení a změny ve výrobním programu.

Dodací lhůta: dle dohody.

V ceně je zahrnuta doprava na místo stavby v rámci ČR.

Platební podmínky: dle dohody.

Věříme, že Vás naše nabídka oslovila, a v případě dalších dotazů jsme Vám rádi k dispozici.

S přátelským pozdravem
Viessmann, spol. s r.o.



Ing. Radka Konopásková Jan Eichenmann

Upozornění:
Všeobecné prodejní podmínky jsou k dispozici na vyžádání.

Sídlo společnosti: Pižeňská 189, 252 19 Chrástany
Jednatel: Ing. Miroslav Janda
Ing. Pavel Toman

Obchodní rejstřík, vedený Městským soudem v Praze
Číslo C. Město 27959
IČ: 48948365
DIČ: CZ48948365

Banka: UniCredit Bank
Číslo účtu Kč: 8019950002700
Číslo účtu EUR: 80199502702700
IBAN: CZ80 2700 0000 0008 0189 5027
SWIFT: BACX CZPP

Nabídka: 9720052097 z 15.3.2016
 Zákazník: 0970000059
 Projekt: RD Divišov - Vitosol 100-F
 Číslo projektu.:

VIESMANN

Poz	Označení materiálu	Množství	Jednotková cena	Rabat	Suma
10	Sestava Vitosol 100-F SV1A s Vitocell-B 4,6 m2, CVBB 300 I, solar-divicon SD1 Obj.číslo.: SK05403	1,00	68 620,00	0,00	68 620,00
	2x Vitosol 100-F SV1A 2,3m ² Spojovací trubky (2 ks) Připojovací sada kolektoru Sada jímky pro čidlo Solární expanzní nádoba 40 litrů, do 10 bar Těl. zás. Vitocell 100-B CVBB 300L Technická dokumentace pro Vitocell 100-B/-W CVBB CZ Šroubení se svěr. kroužkem s odvodušněním (rychloodvodušňovač). Přip. potrubí (1m)-2ks se šroubením Teplos. médium Tyfocor-LS 25 l Solar-Divicon PS10 Regulace Vitosolic 100 SD1-VE čerpadlo Odlučovač vzduchu Plnicí armatura Čidlo teploty kolektoru Čidlo teploty zásobníku TV Technická dokumentace pro Solar-Divicon PS10/P10 Vitosolic 100 SD1 CZ				
20	Solární ruční plnicí pumpička Obj.číslo.: 7188624	1,00	2 520,00	0,00	2 520,00
30	Upevňovací sada "krokový hák" 2xSV pro stř. tašku bez kontralatí 0,75 kN/m ² Obj.číslo.: Z012854	1,00	5 490,00	0,00	5 490,00
	2x Krokový hák-sada střešní tašky Svorka předmontovaná (6 ks) Montážní sada Flach-K V 2 4x Montážní plech 2x Krycí víko TD "krokový hák" rovný-K CZ				
40	Termostatický směšovací automat Obj.číslo.: 7438940	1,00	1 650,00	0,00	1 650,00
50	Různé díly Obj.číslo.: 7428148	22,00	95,00	Netto	2 090,00
	Cu měděná trubka 15x1 mm Cena je uvedena za 1m				
60	Různé díly Obj.číslo.: 7428148	1,00	1 450,00	Netto	1 450,00

Nabídka: 9720052097 z 15.3.2016
 Zákazník: 0970000059
 Projekt: RD Divišov - Vitosol 100-F
 Číslo projektu.:



Poz	Označení materiálu	Množství	Jednotková cena	Rabat	Suma
	4x CU solární koleno 90° 9002-15- lisovací 6x CU solární nátrubek 9270-15- lisovací 2x svěrné šroubení 2x CU solární přechod 8243-15x1 (1/2") -závit venkovní- lisovací 2x přechod 1/2"- 1"				
70	Různé díly Obj.číslo.: 7428148	1,00	15 000,00	Netto	15 000,00
	Instalace zásobníku Instalace kolektoru na střechu Instalace propojení Vycištění Tlaková zkouška Napuštění solární kapalinou.				
80	Různé díly Obj.číslo.: 7428148	30,00	135,00	Netto	4 050,00
	Izolace EPDM 19 mm cena za 1 m				
90	UDP regulace Vitosolic 100/SM1 modul Obj.číslo.: 7547864	1,00	1 400,00	Netto	1 400,00
100	Sazba na 1km technika Obj.číslo.: 7000723	60,00	16,00	Netto	960,00
	1x cesta servisního technika Viessmann Praha - Divišov				
	Součet položek				103 230,00
	21,00 % DPH		103 230,00		21 678,30
	Součet v CZK				124 908,30

Příloha 2b: Cenová nabídka pro solární soustavu s trubicovým kolektorem Vitosol 300-T



Viessmann, spol. s r.o., Plzeňská 189, 252 19 Chrástáňy

Jan Kočka
180 00 Praha

Plzeňská 189
252 19 Chrástáňy
Telefon: 257 090 900
Fax: 257 950 306

Kontaktní osoba:
Jan Eichenmann
Telefon: +420 2 570909-18
E-Mail: EicJ@viessmann.com

15.3.2016

Projekt: RD Divišov - Vitosol 300-T
Číslo nabídky: 9720052098

Vážené dámy a pánové,

děkujeme Vám za Vaši poptávku. Na jejím základě si Vám dovoluujeme ve smyslu našich Všeobecných prodejních podmínek nabídnout požadované produkty. Ceny jednotlivých položek uvedených v nabídce jsou v Kč a nezahnují zákonnou DPH.

Naše cenová nabídka je platná 6 měsíců.
Vyhrazuje si právo na technické změny, vylepšení a změny ve výrobním programu.

Dodací lhůta: dle dohody.

V ceně je zahrnuta doprava na místo stavby v rámci ČR.

Platební podmínky: dle dohody.

Věříme, že Vás naše nabídka oslovila, a v případě dalších dotazů jsme Vám rádi k dispozici.

S přátelským pozdravem
Viessmann, spol. s r.o.

Ing. Radka Konopásková

Jan Eichenmann

Upozornění:
Všeobecné prodejní podmínky jsou k dispozici na vyžádání.

Nabídka: 9720052098 z 15.3.2016
 Zákazník: 0970000059
 Projekt: RD Divišov - Vitosol 300-T
 Číslo projektu.:

VITSMANN

Poz	Označení materiálu	Množství	Jednotková cena	Rabat	Suma
10	Sestava Vitosol 300-T 3m ² Vitocell 100-W Obj.číslo.: SK05348	1,00	137 370,00	0,00	137 370,00
	1x Vitosol 300-T 3m ² Připojovací sada Technická dokumentace pro Vitosol 300-T SP3B CZ Solární expanzní nádoba 40 litrů, do 10 bar Solar-Divicon PS10-Vitosolic 100 SD1-VE čerpadlo Technická dokumentace pro Solar-Divicon PS10/P10 SD1 CZ Odlučovač vzduchu Plnicí armatura Čidlo teploty kolektoru Čidlo teploty zásobníku TV Šroubení se svěr. kroužkem s odvodušněním (rychloodvodušňovač) Přip. potrubí (1m)-2ks se šroubením Teplonos. médium Tyfocor-LS 25 l Tél. zásobníku Vitocell 100-W CVBB 300L Technická dokumentace pro Vitocell 100-B/-W CVBB CZ				
20	Solární ruční plnicí pumpička Obj.číslo.: 7188624	1,00	2 520,00	0,00	2 520,00
30	Upevňovací systém "krokvový hák" vertik. bez kontralati bez Vitosol 200/300-T Obj.číslo.: ZK00855	1,00	4 690,00	0,00	4 690,00
	Montážní lišta pro trubice-K V 2 Krycí víko Sada pro uchycení kolektoru 2x Krokvový hák-sada (2ks) střešní tašky				
40	Termostatický směšovací automat Obj.číslo.: 7438940	1,00	1 650,00	0,00	1 650,00
50	Různé díly Obj.číslo.: 7428148	22,00	95,00	Netto	2 090,00
	Cu měděná trubka 15x1 mm Cena je uvedena za 1m				
60	Různé díly Obj.číslo.: 7428148	1,00	1 450,00	Netto	1 450,00
	4x CU solární koleno 90° 9002-15- lisovací 6x CU solární nátrubek 9270-15- lisovací				

Nabídka: 9720052098 z 15.3.2016
 Zákazník: 0970000059
 Projekt: RD Divišov - Vitosol 300-T
 Číslo projektu: _____



Poz	Označení materiálu	Množství	Jednotková cena	Rabat	Suma
	2x svěrné šroubení 2x CU solární přechod 8243-15x1 (1/2") -závit venkovní- lisovací 2x přechod 1/2"- 1"				
70	Různé díly Obj.číslo.: 7428148	1,00	15 000,00	Netto	15 000,00
	Instalace zásobníku Instalace kolektoru na střechu Instalace propojení Vycištění Tlaková zkouška Napuštění solární kapalinou.				
80	Různé díly Obj.číslo.: 7428148	30,00	135,00	Netto	4 050,00
	Izolace EPDM 19 mm cena za 1 m				
90	UDP regulace Vitosolic 100/SM1 modul Obj.číslo.: 7547864	1,00	1 400,00	Netto	1 400,00
100	Sazba na 1km technika Obj.číslo.: 7000723	60,00	16,00	Netto	960,00
	1x cesta servisního technika Viessmann Praha - Divišov				
	Součet položek				171 180,00
	21,00 % DPH		171 180,00		35 947,80
	Součet v CZK				207 127,80

Příloha 3: Technická zpráva řešeného rodinného domu

TECHNICKÁ ZPRÁVA

1. Všeobecně

Projektová dokumentace řeší vytápění rodinného domu teplovodním systémem s nuceným oběhem vody a s tepelným spádem 80/60 °C.

2. Potřeba tepla

Výpočet tepelných ztrát byl proveden podle ČSN 060210, pro oblastní zimní výpočtovou teplotu $t_z = -15$ °C. Výpočet tepelných ztrát provedla firma PRODOM spol.s r.o..

Tepelná ztráta objektu - 19,53 kW

Výkon vložený v otopných tělesech - 19,95 kW (při tepelném spádu 80/60°C)

Roční spotřeba tepla - 42,20 MWh/rok = cca 151,9 GJ/rok

Předpokládaná spotřeba zemního plynu o výhřevnosti 33,5 MJ/m³ při účinnosti vytápěcí soustavy cca 90% bude činit cca 5040 m³/rok. Při výpočtu spotřeby energie se vychází z průměrné venkovní teploty v topném období a počtu dnů topného období - obě tyto hodnoty jsou různé pro různá místa v České republice. Uvedené hodnoty spotřeby energie a zemního plynu jsou orientační - spočtené pro aritmetický průměr hodnot uváděných v odborné literatuře.

Alternativa II - elektrokotel

Není-li možné objekt napojit na zemní plyn a investor se rozhodne pro elektrické vytápění, bude použit přímotopný automatický elektrokotel PROTHERM 21K se jmenovitým výkonem 21kW. Vzhledem k tomu, že kotel nemá zabudovanou expanzní nádobu a pojistný ventil je třeba tyto prvky doplnit. Navrhujeme osadit tlakovou, membránovou expanzní nádobu EXPANZOMAT I 12 l s pojistným ventilem DN 1“ s OP 250 kPa.

Ohřev vody navrhujeme řešit elektrickým zásobníkovým ohřivačem o objemu cca 160 l umístěným v tomto případě přímo v koupelně v 2. nadzemním podlaží.

Rozvod ústředního vytápění a otopná tělesa zůstanou stejná jako v alternativě „plyn“.
Chod elektrokotle bude řízen prostorovým termostatem dle výběru investora.

Příloha 4: List technických údajů navrženého zásobníku TUV

Technické údaje

K ohřevu pitné vody ve spojení s topnými kotli a solárními kolektory pro bivalentní provoz.

Vhodné pro tato zařízení:

- Teplota pitné vody až 95 °C
- Teplota přívodní větve topné vody až 160 °C

■ Solární výstupní teplota až 160 °C

■ Provozní tlak na straně topné vody až 10 bar (1,0 MPa)

■ Provozní tlak na solární straně až 10 bar (1,0 MPa)

■ Provozní tlak na straně pitné vody až 10 bar (1,0 MPa)

Typ		CVBB		CVB		CVB		
Objem zásobníku		300		400		500		
Topná spirála		horní	spodní	horní	spodní	horní	spodní	
Registr. č. DIN		9W242/11-13 MC/E						
Trvalý výkon při ohřevu pitné vody z 10 na 45 °C a teplotě pří- vodu topné vody ve výši ... při níže uvedeném objemovém toku topné vody	90 °C	kW	31	53	42	63	47	70
		l/h	761	1302	1032	1548	1154	1720
	80 °C	kW	26	44	33	52	40	58
		l/h	638	1081	811	1278	982	1425
	70 °C	kW	20	33	25	39	30	45
	l/h	491	811	614	958	737	1106	
	60 °C	kW	15	23	17	27	22	32
	l/h	368	565	418	663	540	786	
	50 °C	kW	11	18	10	13	16	24
	l/h	270	442	246	319	393	589	
Trvalý výkon při ohřevu pitné vody z 10 na 60 °C a teplotě pří- vodu topné vody ve výši ... při níže uvedeném objemovém toku topné vody	90 °C	kW	23	45	36	56	36	53
		l/h	395	774	619	963	619	911
	80 °C	kW	20	34	27	42	30	44
	l/h	344	584	464	722	516	756	
	70 °C	kW	15	23	18	29	22	33
	l/h	258	395	310	499	378	567	
Objemový tok topné vody pro uvedené trvalé výkony	m³/h	3,0		3,0		3,0		
Max. připojitelný výkon tepelného čerpadla při 55 °C teploty přívodu topné vody a 45 °C teploty teplé vo- dy při uvedeném objemovém toku topné vody (obě topné spirály zapojeny v řadě)	kW	8		8		10		
Pohotovostní ztráty podle ČSN EN 12897:2006 Q _{ST} při tep- lotním rozdílu 45 K	kWh/24 h	1,65		1,80		1,95		
Objem pohotovostní části V _{aux}	l	127		167		231		
Objem solární části V _{sol}	l	173		233		269		
Rozměry								
Délka a (∅)	– s tepelnou izolací	mm	667		859		859	
	– bez tepelné izolace	mm	–		650		650	
Celková šířka b	– s tepelnou izolací	mm	744		923		923	
	– bez tepelné izolace	mm	–		881		881	
Výška c	– s tepelnou izolací	mm	1734		1624		1948	
	– bez tepelné izolace	mm	–		1518		1844	
Klopná míra	– s tepelnou izolací	mm	1825		–		–	
	– bez tepelné izolace	mm	–		1550		1860	
Hmotnost kompletně s tepelnou izolací	kg	160		167		205		
Celková provozní hmotnost s elektrickou topnou vložkou	kg	468		569		707		
Objem topné vody	l	6	10	6,5	10,5	9	12,5	
Topná plocha	m²	0,9	1,5	1,0	1,5	1,4	1,9	
Připojky								
Topné spirály (vnější závit)	R	1		1		1		
Studená voda, teplá voda (vnější závit)	R	1		1½		1½		
Cirkulace (vnější závit)	R	1		1		1		
Elektrická topná vložka (vnitřní závit)	Rp	1½		1½		1½		
Třída energetické účinnosti		B		B		B		

Příloha 5: List technických údajů zvolených plochých kolektorů

Vitosol 100-F, typ SV1A/SH1A a SV1B//SH1B (pokračování)

doporučeno použití typu SV1B/SH1B

Upozornění

Při použití typu SV1A/SH1A v těchto regionech nepřebírá firma Viessmann záruku.

Technické údaje

Typ		SV1A	SH1A	SV1B	SH1B
Celková plocha (potřebná pro podání žádosti o dotace)	m ²	2,51	2,51	2,51	2,51
Plocha absorberu	m ²	2,32	2,32	2,32	2,32
Plocha apertury	m ²	2,33	2,33	2,33	2,33
Vzdálenost mezi kolektory	mm	21	21	21	21
Rozměry					
Šířka	mm	1056	2380	1056	2380
Výška	mm	2380	1056	2380	1056
Hloubka	mm	72	72	72	72
Následující hodnoty se vztahují na plochu absorberu:					
- Optická účinnost	%	76	76	75,4	75,4
- Koeficient ztráty tepla k_1	W/(m ² · K)	4,14	4,14	4,15	4,15
- Koeficient ztráty tepla k_2	W/(m ² · K ²)	0,0108	0,0108	0,0114	0,0114
Následující hodnoty se vztahují na celkovou plochu:					
- Optická účinnost	%	69,8	69,8	69,2	69,2
- Koeficient ztráty tepla k_1	W/(m ² · K)	3,80	3,80	3,81	3,81
- Koeficient ztráty tepla k_2	W/(m ² · K ²)	0,010	0,010	0,010	0,010
Teplotná kapacita	kJ/(m ² · K)	4,7	4,7	4,5	4,5
Hmotnost	kg	41,5	41,5	43,9	43,9
Objem kapaliny (teplonosná kapalina)	litrů	1,48	2,33	1,67	2,33
Připustný provozní tlak (viz kap. „Solární expanzní nádoba“)	bar/MPa	6/0,6	6/0,6	6/0,6	6/0,6
Max. klidová teplota	°C	200	200	196	196
Výkon výroby páry					
- Vhodná montážní poloha	W/m ²	60	60	60	60
- Nevhodná montážní poloha	W/m ²	100	100	100	100
Přípojka	Ø mm	22	22	22	22

Technické údaje pro stanovení třídy energetické účinnosti (štítek ErP)

Typ		SV1A/SH1A	SV1B/SH1B
Plocha apertury	m ²	2,33	2,33
Následující hodnoty se vztahují na plochu apertury:			
- Účinnost kolektorů η_{col} při teplotním rozdílu 40 K		57,5	57,0
- Optická účinnost	%	75,8	75,4
- Koeficient ztráty tepla k_1	W/(m ² · K)	4,13	4,14
- Koeficient ztráty tepla k_2	W/(m ² · K ²)	0,0114	0,0114
Faktor úhlové korekce IAM		0,89	0,89

Typ	SV1A	SH1A	SV1B	SH1B
Montážní poloha (viz následující vyobrazení)	(A, C, D)	(B, C, D, E)	(A, C, D)	(B, C, D, E)

Příloha 6: List technických údajů trubicového kolektoru

Vitosol 300-T, typ SP3B (pokračování)

Viessmann nabízí kompletní solární systémy s kolektory Vitosol 300-T (sady) pro ohřev pitné vody a/nebo k podpoře vytápění (na vyžádání).

8.2 Technické údaje

Technické údaje

Typ SP3B		1,51 m ²	3,03 m ²
Počet trubic		12	24
Celková plocha (potřebná pro podání žádosti o dotace)	m ²	2,36	4,62
Plocha absorberu	m ²	1,51	3,03
Plocha apertury	m ²	1,60	3,19
Vzdálenost mezi kolektory	mm	89	89
Rozměry			
Šířka a	mm	1053	2061
Výška b	mm	2241	2241
Hloubka c	mm	150	150
Následující hodnoty se vztahují na plochu absorberu:			
– Optická účinnost	%	81,4	81,3
– Koefficient ztráty tepla k_1	W/(m ² · K)	1,331	0,998
– Koefficient ztráty tepla k_2	W/(m ² · K ²)	0,006	0,007
Následující hodnoty se vztahují na celkovou plochu:			
– Optická účinnost	%	52,1	53,3
– Koefficient ztráty tepla k_1	W/(m ² · K)	0,852	0,655
– Koefficient ztráty tepla k_2	W/(m ² · K ²)	0,003	0,005
Teplná kapacita	kJ/(m ² · K)	5,97	5,73
Hmotnost	kg	39	79
Objem kapaliny (teplonosná kapalina)	litrů	0,87	1,55
Přípustný provozní tlak (viz kap. „Solární expanzní nádoba“)	bar/MPa	6/0,6	6/0,6
Max. klidová teplota	°C	146	146
Výkon výroby páry	W/m ²	100	100
Přípojka	Ø mm	22	22

Technické údaje pro stanovení třídy energetické účinnosti (štítek ErP)

Typ SP3B		1,51m ²	3,03 m ²
Plocha apertury	m ²	1,60	3,19
Následující hodnoty se vztahují na plochu apertury:			
– Účinnost kolektorů η_{col} při teplotním rozdílu 40 K	%	71,1	71,1
– Optická účinnost	%	76,9	76,9
– Koefficient ztráty tepla k_1	W/(m ² · K)	1,256	1,256
– Koefficient ztráty tepla k_2	W/(m ² · K ²)	0,005	0,005
Faktor úhlové korekce IAM		0,92	0,92

Montážní poloha (viz následující vyobrazení)

(A), (B), (C)

Zadání

Klimatická data

Lokalita:	Divišov
Klimatická data:	"Kramolin-Kosetice"
Roční úhrn záření na 1 m ² :	1048,23 kWh
Zeměpisná šířka:	49,58 °
Zeměpisná délka:	-15,08 °

Teplá užitková voda

Průměrná denní spotřeba:	280 l
Požadovaná teplota:	55 °C
Spotřební profil:	Rodinný dům (ranní špička)
Teplota studené vody:	únor:5 °C / srpen:15 °C

Součásti systému

Solární okruh

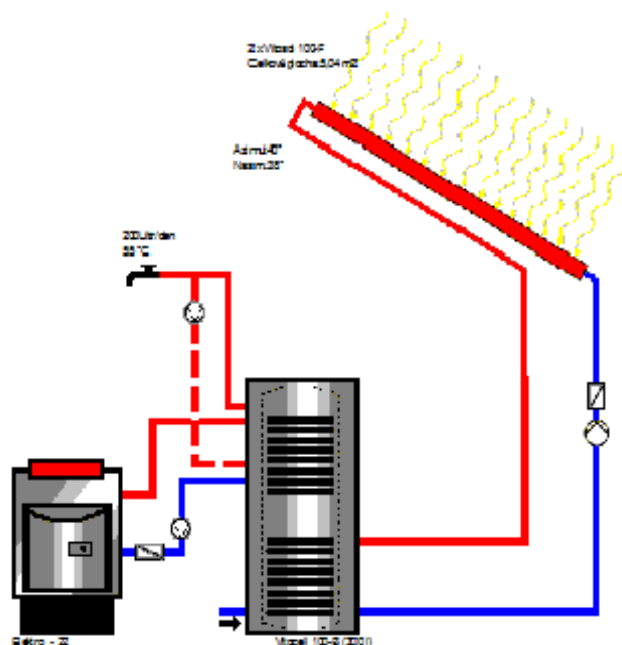
Výrobce:	Viessmann Werke GmbH & Co
Typ:	Vitosol 100-F
Počet:	2,00
Celková plocha bez oplechování:	5,036 m ²
Plocha apertury:	4,658 m ²
Sklon:	38 °
Azimut:	40 °

Zásobníkový ohřivač se dvěma topnými spirálami včetně el. topné vložky (0,9 kW)

Výrobce:	Viessmann
Typ:	Vitocell 100-B (300 l)
Objem:	300 l

Doplňkové vytápění

Výrobce:	T*SOL databáze
Typ:	Elektro - 22
Jmenovitý výkon:	22 kW



Výsledky roční simulace

Výkon instalovaných kolektorů:	3,53 kW	
Zařízení na kolektorovou plochu:	5,26 MWh	1 128,66 kWh/m ²
Energie získaná z kolektorů:	2 041,65 kWh	438,31 kWh/m ²
Energie získaná z kolektorového okruhu:	1 757,35 kWh	377,28 kWh/m ²

Potřeba energie na přípravu teplé vody:	3,84 MWh
Energie na přípravu teplé vody:	3,64 MWh
Energie ze sol. systému na ohřev TV:	1 757,35 kWh
Energie z doplňkového zdroje:	2 330,99 kWh

Úspora :	2 253,0 kWh
Ušetřené emise CO ₂ :	1 500,51 kg
Podíl sol. energie na přípravě TV:	43,0 %
Stupeň využití systému:	33,4 %

Zadání

Klimatická data

Lokalita:	Divišov
Klimatická data:	"Kramolin-Kosetice"
Roční úhrn záření na 1 m ² :	1048,23 kWh
Zeměpisná šířka:	49,58 °
Zeměpisná délka:	-15,08 °

Teplá užitková voda

Průměrná denní spotřeba:	200 l
Požadovaná teplota:	55 °C
Spotřební profil:	Rodinný dům (ranní špička)
Teplota studené vody:	únor: 5 °C / srpen: 15 °C

Součásti systému

Solární okruh

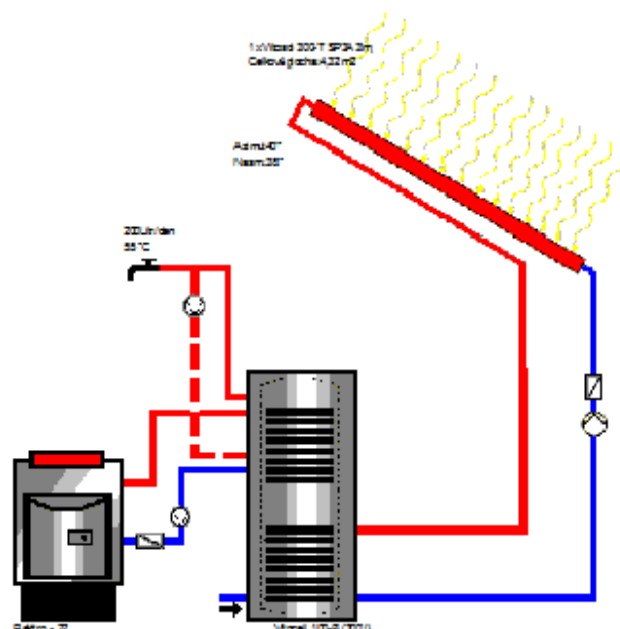
Výrobce:	Viessmann Werke GmbH & Co
Typ:	Vitosol 100-F
Počet:	2,00
Celková plocha bez oplechování:	5,036 m ²
Plocha apertury:	4,658 m ²
Sklon:	38 °
Azimut:	40 °

Zásobníkový ohřivač se dvěma topnými spirálami včetně el. topné vložky (0,9 kW)

Výrobce:	Viessmann
Typ:	Vitocell 100-B (300 l)
Objem:	300 l

Doplňkové vytápění

Výrobce:	T*SOL databáze
Typ:	Elektro - 22
Jmenovitý výkon:	22 kW



Výsledky roční simulace

Výkon instalovaných kolektorů:	3,03 kW	
Záření na kolektorovou plochu:	3,64 MWh	1 128,66 kWh/m ²
Energie získaná z kolektorů:	2 092,37 kWh	648,19 kWh/m ²
Energie získaná z kolektorového okruhu:	1 753,79 kWh	543,30 kWh/m ²
Potřeba energie na přípravu teplé vody:	3,84 MWh	
Energie na přípravu teplé vody:	3,63 MWh	
Energie ze sol. systému na ohřev TV:	1 753,79 kWh	
Energie z doplňkového zdroje:	2 321,76 kWh	

Úspora :	2 248,4 kWh
Ušetřené emise CO₂:	1 497,46 kg
Podíl sol. energie na přípravě TV:	43,0 %
Stupeň využití systému:	48,1 %

Zadání

Klimatická data

Lokalita:	Divišov
Klimatická data:	"Kramolin-Kosetice"
Roční úhrn záření na 1 m ² :	1048,23 kWh
Zeměpisná šířka:	49,58 °
Zeměpisná délka:	-15,08 °

Teplá užitková voda

Průměrná denní spotřeba:	200 l
Požadovaná teplota:	55 °C
Spotřební profil:	Rodinný dům (ranní špička)
Teplota studené vody:	únor:5 °C / srpen:15 °C

Součásti systému

Solární okruh

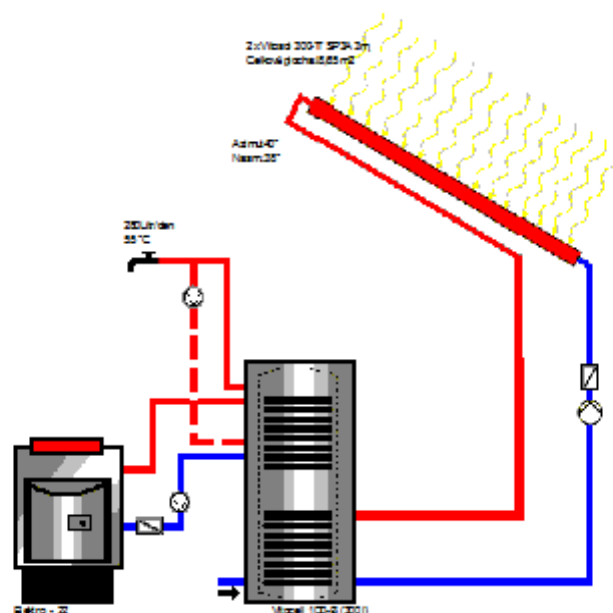
Výrobce:	Viessmann Werke GmbH & Co
Typ:	Vitosol 300-T SP3A 3m ₁
Počet:	1,00
Celková plocha bez oplechování:	4,324 m ²
Plocha apertury:	3,228 m ²
Sklon:	38 °
Azimut:	40 °

Zásobníkový ohřívač se dvěma topnými spirálami včetně el.topné vložky(0,9 kW)

Výrobce:	Viessmann
Typ:	Vitocell 100-B (300 l)
Objem:	300 l

Doplňkové vytápění

Výrobce:	T*SOL databáze
Typ:	Elektro - 22
Jmenovitý výkon:	22 kW



Výsledky roční simulace

Výkon instalovaných kolektorů:	6,05 kW	
Zařízení na kolektorovou plochu:	7,29 MWh	1 128,66 kWh/m ²
Energie získaná z kolektorů:	3,68 MWh	570,32 kWh/m ²
Energie získaná z kolektorového okruhu:	3 089,76 kWh	478,59 kWh/m ²
Energie na přípravu teplé vody:	5,21 MWh	
Energie ze sol. systému na ohřev TV:	3089,76 kWh	
Energie z doplňkového zdroje:	2732,83 kWh	

Úspora :	3 961,2 kWh
Ušetřené emise CO₂:	2 638,18 kg
Podíl sol. energie na přípravě TV:	53,1 %
Stupeň využití systému:	42,4 %

Zadání

Klimatická data

Lokalita:	Divišov
Klimatická data:	"Kramolín-Kosetice"
Roční úhrn záření na 1 m ² :	1048,23 kWh
Zeměpisná šířka:	49,58 °
Zeměpisná délka:	-15,08 °

Teplá užitková voda

Průměrná denní spotřeba:	280 l
Požadovaná teplota:	55 °C
Spotřební profil:	Rodinný dům (ranní špička)
Teplota studené vody:	únor: 5 °C / srpen: 15 °C

Součásti systému

Solární okruh

Výrobce:	Viessmann Werke GmbH & Co
Typ:	Vitosol 300-T SP3A 3m _l
Počet:	2,00
Čelková plocha bez oplechování:	8,648 m ²
Plocha apertury:	6,456 m ²
Sklon:	38 °
Azimut:	40 °

Zásobníkový ohřívač se dvěma topnými spirálami včetně el. topné vložky (0,9 kW)

Výrobce:	Viessmann
Typ:	Vitocell 100-B (300 l)
Objem:	300 l

Doplňkové vytápění

Výrobce:	T*SOL databáze
Typ:	Elektro - 22
Jmenovitý výkon:	22 kW

Příloha 11: Bilance solárních termických systémů pro potřeby programu Nová zelená úsporám



v3.1 RD (18.2.2016) **C.3.1/2**

Bilance solárních termických systémů pro potřeby programu Nová zelená úsporám
Podprogram Rodinné domy - Oblast podpory C.3.1 a C.3.2 - Instalace solárních termických systémů
 v souladu s metodikou TNI 73 0302:2014

Identifikace žadatele:

Příjmení / Název:	Moravec / RD Divišov	Jméno:	Josef
-------------------	----------------------	--------	-------

Identifikace nemovitosti:

Katastrální území (číslo):	626261	Číslo listu vlastnictví:	
Číslo parcely:	1117/4	Číslo popisné:	395

Žádám v oblasti podpory	C.3.1 - Solární systém pro přípravu teplé vody
Počet osob:	4 osob
Spotřeba na osobu:	40 l/os.den (při 55 °C)

Příprava teplé vody a vytápění

Denní spotřeba teplé vody $V_{TV,den}$	180 l/den
Teplota studené vody t_{stV}	10 °C
Teplota teplé vody t_{TV}	55 °C
Návrhová teplota přívodní otopné vody otopné soustavy $t_{w1,N}$	°C
Srážka z tepelných zisků kolektorů vlivem tep. ztrát p	0,173
Přirážka na tepelné ztráty při přípravě teplé vody z	0,3 Centrální zásobníkový ohřev s řízenou cirkulací
Typ solárního zásobníku (uveďte podle projektu)	Vitocell - 100-W, bivalentní
Objem solárního zásobníku (uveďte podle projektu)	300 l

Vytápění objektu (vypíňuje se pouze při žádosti v oblasti podpory C.3.2 - Solární systém pro přípravu teplé vody a vytápění)

Použít data z výpočtu podle ČSN EN ISO 13 790	NE
Tepelná ztráta domu Q_z	19,53 kW
Vnitřní výpočtová teplota t_{iv}	21 °C
Venkovní výpočtová teplota t_{ev}	-15 °C
Předpokládaná energetická náročnost budovy (vytápění)	nízkoenergetický standard, vyhláškou doporučené tepelné vlastnosti konstrukcí
Přirážka na tepelné ztráty otopné soustavy v	5 %

Parametry solárních kolektorů

Optická účinnost η_0	75,8 -
Lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru a_1	4,13 W/m ² .K
Kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru a_2	0,0114 W/m ² .K ²
Počet kolektorů	2 ks
Vztažná plocha kolektoru	2,33 m ²
Celková vztažná plocha kolektoru	4,66 m ²
Plocha apertury solárního kolektoru A_a	2,33 m ²
Střední denní teplota v solárních kolektorech $t_{k,m}$	37,9 °C
Sklon solárního kolektoru β	45 °
Azimut solárního kolektoru γ (jih = 0°)	45 °

Vyhodnocení

Potřeba tepla pro přípravu TV	3973 kWh/rok	
Potřeba tepla pro vytápění		kWh/rok
Měrný využitelný zisk solárního systému $q_{sol,u}$	852 kWh/m ² .rok	Vyhovuje podmínkám programu NZÚ - oblast podpory C.3.1
Celkový využitelný zisk solárního systému $Q_{sol,u}$	3973 kWh/rok	
Solární podíl (pokrytí potřeby tepla) f	100 %	Vyhovuje podmínkám programu NZÚ - oblast podpory C.3.1
Minimální požadovaný objem solárního zásobníku	209 l	Vyhovuje podmínkám programu NZÚ - oblast podpory C.3.1

Všechny podmínky Programu v oblasti podpory C.3.1 jsou splněny.

Bilance solárních termických systémů pro potřeby programu Nová zelená úsporám

Podprogram Rodinné domy - Oblast podpory C.3 - Instalace termických solárních systémů

měsíc	<i>n</i>	<i>t_{ep}</i>	<i>t_{es}</i>	<i>G_{T,m}</i>	η_k	<i>H_{T,měs}</i>	<i>Q_{k,u}</i>	<i>Q_{p,TV}</i>	<i>Q_{p,VYT}</i>	<i>Q_{p,o}</i>	<i>Q_{ss,u}</i>
	dny	°C	°C	W/m ²	–	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
1	31	-1,3	1,8	336	75,31	30,5	7966	337	0	337	337
2	28	-0,1	2,7	403	75,40	49,10	12840	305	0	305	305
3	31	3,7	6,3	460	75,49	84,1	22019	337	0	337	337
4	30	8,1	10,7	473	75,54	121,0	31702	327	0	327	327
5	31	13,3	16,0	480	75,60	143,6	37651	337	0	337	337
6	30	16,1	18,6	481	75,63	138,2	36247	327	0	327	327
7	31	18	20,5	475	75,64	135,4	35520	337	0	337	337
8	31	17,9	21,1	468	75,64	139,9	36702	337	0	337	337
9	30	13,5	17,1	453	75,60	95,0	24908	327	0	327	327
10	31	8,3	11,7	410	75,52	73,7	19302	337	0	337	337
11	30	3,2	6,4	346	75,39	38,2	9988	327	0	327	327
12	31	0,5	3,6	308	75,30	24,6	6424	337	0	337	337
						1073	281270	3973	0	3973	3973

