

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh solárního systému pro obytný dům s bazénem

vedoucí práce: Ing. Milan Bělík, Ph.D.
autor: Bc. Petr Čechura

2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Petr ČECHURA
Osobní číslo: E10N0010P
Studijní program: N2612 Elektrotechnika a informatika
Studijní obor: Komerční elektrotechnika
Název tématu: Návrh solárního systému pro obytný dům s bazénem
Zadávající katedra: Katedra technologií a měření

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište princip a druhy solárních tepelných systémů.
2. Provedte výpočet solárního systému pro rodinný domek s bazénem.
3. Navrhněte praktickou realizaci uvažovaného systému.
4. Zhodnoťte návrh z energetického, environmentálního a ekonomického hlediska.

Anotace

Tématem diplomové práce je zpracování návrhu solárního systému pro obytný dům s bazénem. Dále je zde přiblížena problematika solárních systémů a jednotlivých komponentů. Práce je rozdělena na 6 částí. První část je zaměřena na solární energii a její využití. Druhá část popisuje jednotlivé druhy solárních systémů a další komponenty solárního systému. Návrhem systému se zabývá třetí a čtvrtá část. V následující části je popsáno složení navrženého solárního systému a v poslední části je solární systém zhodnocen z ekonomického, energetického a ekologického hlediska.

Klíčová slova

solární energie, solární systém, solární kolektor, intenzita slunečního záření, tepelný zásobník, účinnost kolektoru, tepelný výměník, ohřev teplé užitkové vody, teplotní médium

Anotace

The theme of this thesis is a process of a draft of solar system for a residential house with a swimming pool. Furthermore this thesis also deals with the possible issue of solar systems and individual components. The work is divided into 6 parts. The first part is focused on solar energy and its use. The second part describes the different types of solar systems and other components of the solar system. The third and fourth part deals with the desing of the system. The following section describes the proposed composition of the solar system and the last part is dedicated to evaluation of the solar system from an economic, energetic and environmental point of view.

Keywords

solar energy, solar system, solar collector, solar radiation intensity, heat stack, collector efficiency, heat exchanger, hot water, heat transfer medium

Čestné prohlášení autora

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji tímto, že jsem danou diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne 11. 5. 2012

.....
Bc. Petr Čechura

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Milanu Bělíkovi Ph.D. za poskytnutí důležitých rad, které mi pomohli při řešení diplomové práce.

Obsah

0	Úvod.....	9
1	Specifikace solární energie.....	10
1.1	Slunce - zdroj energie	10
1.2	Solární energie	11
1.3	Využití solární energie.....	15
1.3.1	Aktivní využívání.....	15
1.3.2	Pasivní využívání	15
2	Solární systémy	18
2.1	Systém pro ohřev vody v bazénu.....	18
2.2	Solární systémy pro ohřev TUV	19
2.2.1	Samotížné systémy	19
2.2.2	Systémy s nuceným oběhem	20
2.3	Solární systémy pro ohřev TUV a vytápění	20
2.4	Solární systémy bez dohřívání (monovalentní).....	22
2.5	Solární systémy s dohříváním (bivalentní).....	22
2.6	Solární systémy - otevřený solární okruh	24
2.7	Solární systémy - uzavřený solární okruh	25
2.8	Solární kolektory	26
2.8.1	Ploché kolektory.....	27
2.8.2	Vakuové trubicové kolektory	29
2.8.3	Vzduchové kolektory	31
2.8.4	Koncentrační kolektory	31
2.8.5	Zásobníkové kolektory	32
2.9	Další důležité komponenty solárního systému	32
3	Obecný návrh solárního systému	34
3.1	Dimenzování systému pro ohřev TUV	34
3.2	Dimenzování systému pro vytápění	36
3.3	Dimenzování systému pro ohřev vody v bazénu.....	38
4	Návrh solárního systému.....	41
4.1	Popis objektu	41
4.2	Popis topného systému	41
4.3	Jednotlivé výpočty ke stanovení spotřeby tepla	42
4.3.1	Výpočet spotřeby tepla - vytápění objektu.....	42
4.3.2	Výpočet spotřeby tepla - ohřev TUV	43
4.3.3	Výpočet spotřeby tepla - venkovní bazén	44
4.4	Návrh plochy solárních kolektorů	47

4.4.1	Celková energetická bilance.....	53
5	Navržený solární systém a jeho parametry	56
6	Zhodnocení.....	66
6.1	Ekonomické hledisko	66
6.2	Návratnost solárního systému.....	67
6.3	Energetické hledisko.....	67
6.4	Environmentální hledisko	71
7	Závěr.....	73
8	Použitá literatura	74
9	Přílohy	76

Úvod

V dnešní době se hledají různé alternativy zásobování energiemi. Jedním z důvodů je znečišťování a ničení životního prostředí, které je zejména ohroženo spalováním fosilních paliv. Tento druh paliv způsobuje během jeho spalování uvolňování oxidu uhličitého, který má za následek oteplování Země. S tím souvisí jev skleníkového efektu, kdy sluneční záření prochází atmosférou a dopadá na zemský povrch. Zemský povrch se tím pádem otepluje. Dále se také kvůli těžbě paliv devastuje poslední nezničená krajina a znečišťují se zásoby pitné vody.

Všechny tyto problémy nás tedy nutí k tomu, abychom začali využívat obnovitelné a pro životní prostředí přijatelné zdroje energie. Pro Česko se kromě vodních elektráren nabízí rovněž varianta využití slunečního záření. Využívání této energie zlepšuje stav ovzduší a životního prostředí. Jelikož se solární energie získává ze slunečního záření, nejsme tedy závislí na běžných vyčerpatečných zdrojích energie (uhlí, ropa, plyn). Solární systémy jsou ve většině případů využívány pro ohřev užitkové vody, vytápění objektů či k ohřevu vody pro bazény.

Problematika solárních systémů je stále aktuálnější, a proto jsem si jako hlavní téma mé diplomové práce vybral: Návrh solárního systému pro obytný dům s bazénem. Majitel domu požadoval solární systém pro ohřev užitkové vody, přitápění a přihřívání bazénu, který by mu ročně ušetřil velké náklady. Úkolem tedy bylo navrhnout systém vhodný pro ČR a zhodnotit systém z několika hledisek.

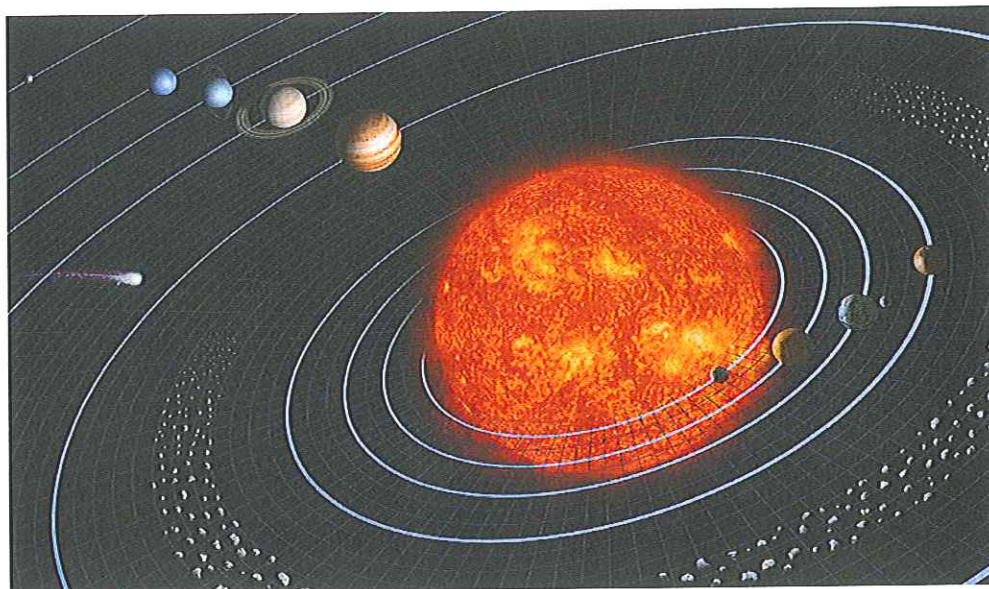
Úvodem práce jsem se zaměřil na zdroj energie - Slunce, sluneční energii a její využití. V další části jsou popsány různé druhy solárních kolektorů, jejich vlastnosti a další dílčí komponenty potřebné pro kompletaci systému. V praktické části je provedena charakteristika objektu, výpočet celkové spotřeby energie v objektu. Dále je pak stanovena plocha kolektorů a sestavena energetická bilance. Na závěr bylo provedeno zhodnocení solárního systému z hlediska ekonomického, ekologického a energetického.

1 Specifikace solární energie

1.1 Slunce - zdroj energie

Slunce je nejbližší hvězda naší galaxie, která patří do V. třídy svítivosti. Obíhá okolo středu Mléčné dráhy zhruba ve vzdálenosti 26 500 světelných let. Jeho oběh trvá přibližně 226 milionů let. Slunce tvoří centrum Sluneční soustavy a od Země je vzdáleno cca 1 AE, čemuž odpovídá asi 150 milionů km. Je to koule z plynné hmoty, v jejímž středu probíhají jaderné fúze. Dochází tam k přeměně vodíku na helium. Slunce váží $2 \cdot 10^{27}$ t, to je asi 330 000krát více než planeta Země a představuje tedy 99,8 % hmotnosti sluneční soustavy. Jeho průměr je roven $1,390 \cdot 10^6$ km, v poměru k Zemi to je 109 násobek. Teplota povrchu se pohybuje okolo 6000°C a na každý m^2 území ČR dopadá v průměru okolo 1200 až 1500 kWh sluneční energie za rok.

Energie ze slunce pohání téměř všechny procesy, které na Zemi probíhají. Na slunci je závislé podnebí, změny počasí i teploty, ale i přírodní pochody, fotosyntéza, mořské proudy a mnoho jiných. Ultrafialové záření je rovněž důležité pro tvorbu vitamínu D, který vzniká v lidské kůži. Při dlouhodobějším působení může nepříznivě způsobit efekty v podobě mutací a vzniků nádorových onemocnění. Na obrázku č. 1.1 můžete vidět sluneční soustavu. [3]



Obr.č. 1.1: Sluneční soustava [7]

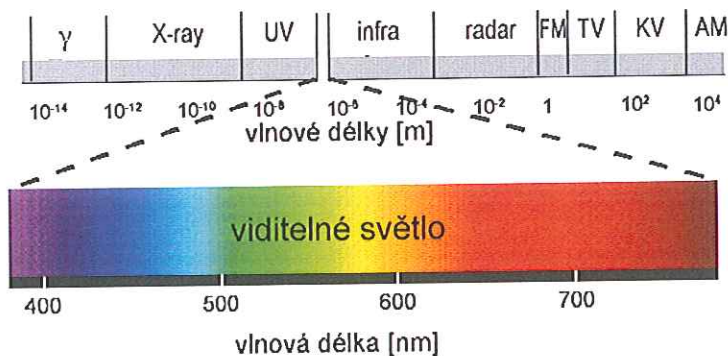
1.2 Solární energie

Energie ze Slunce představuje většinu energie, která se na Zemi nachází a využívá. Vzniká jadernými přeměnami uvnitř Slunce. Jelikož zásoby vodíku na Slunci jsou obrovské a k vyčerpání by mohlo dojít až za miliardy let, můžeme tedy Slunce považovat za obnovitelný zdroj energie. Sluneční energie je energií elektromagnetického záření. Spektrum slunečního záření můžeme rozdělit dle vlnové délky na:

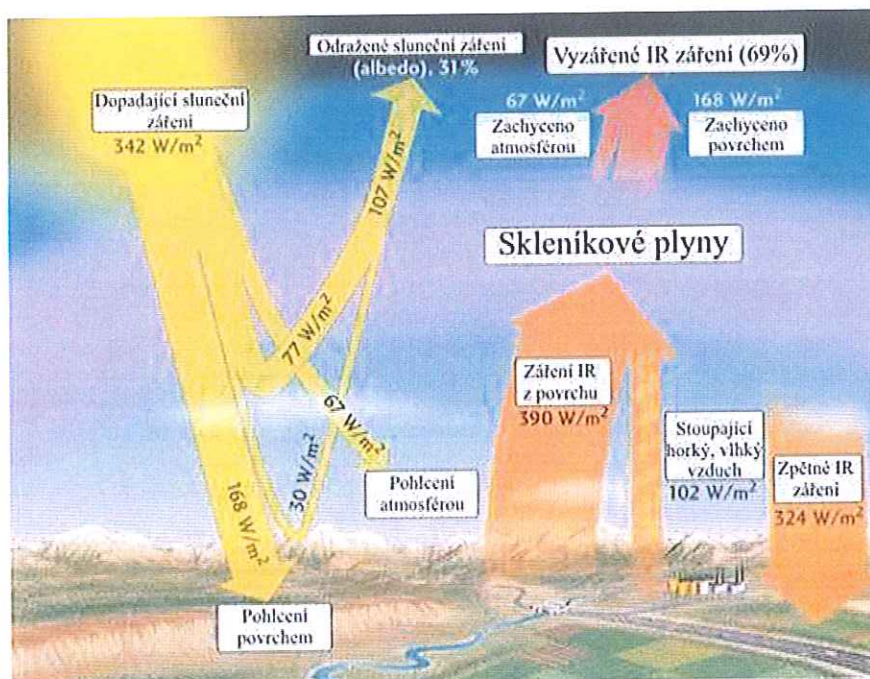
- Ultrafialové (400 nm a méně)
- Viditelné (400 až 750 nm)
- Infračervené (750 nm a více)

Viditelné záření celkem tvoří téměř 45 % dopadajícího záření, přičemž to může být až 60%, pokud je zatažená obloha. Intenzita záření při překonání vzdálenosti mezi Zemí a Sluncem klesá, jelikož se energie během cesty rozptýlí. Průměrná intenzita záření, která dopadá na zemskou atmosféru je $1\,367\text{ W/m}^2$. Hodnotu této intenzity označujeme jako solární konstantu. Ta ale ve skutečnosti není konstantní, protože Země obíhá Slunce po eliptické dráze a ne po kruhové. To způsobuje kolísání solární konstanty přibližně o 3 % (asi 40 W/m^2). Záření, které dopadá na Zemi, neprojde skrz naši atmosféru v celém spektru. Na obrázku č. 1.3 můžete vidět průchod slunečního záření atmosférou. Část tohoto záření je pohlcena atmosférou, část se pohltí a část projde. Pohlcení se týká jen určitých vlnových délek:

- část ultrafialového záření (do $\lambda = 290\text{ nm}$ je pohlceno úplně, od 290 do 320 nm pouze částečně) - pohlcuje ozónová vrstva
- vybraných vlnových délek infračerveného záření (pohlcení především oxidem uhličitým a vodou)



Obr. 1.2: Elektromagnetické spektrum [8]



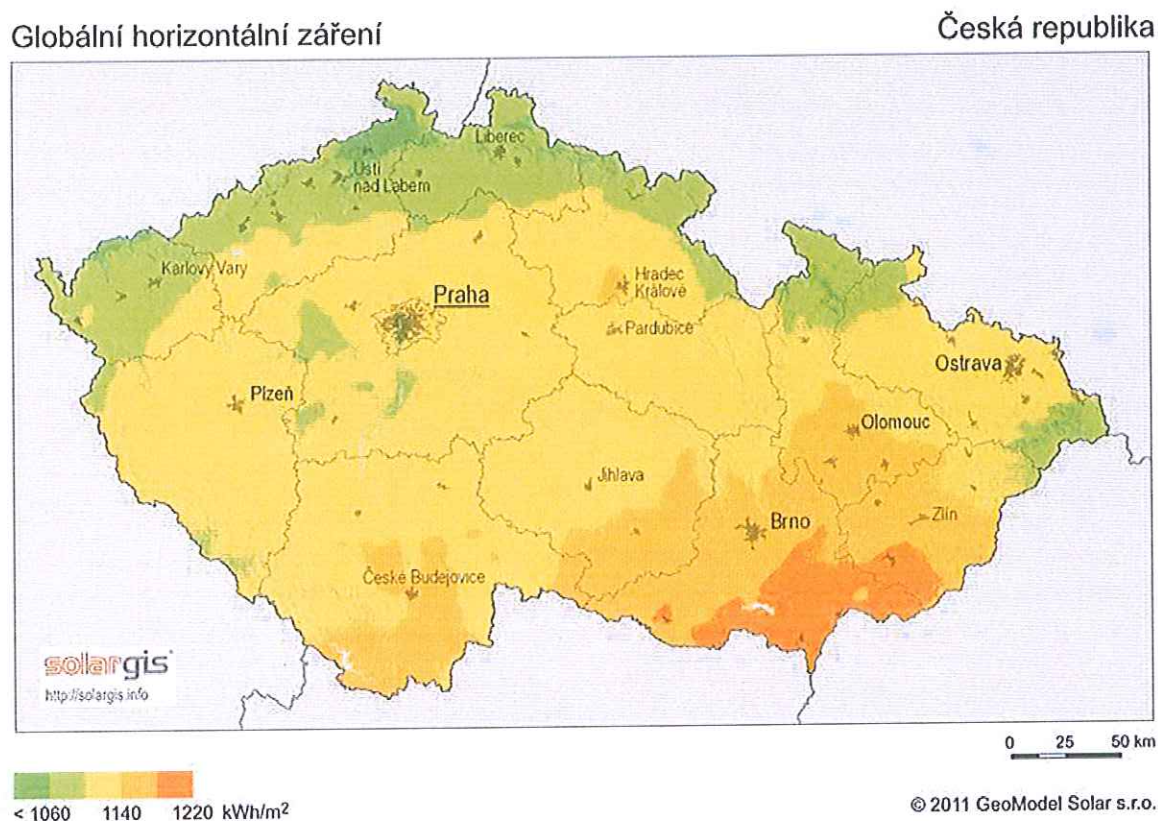
Obr. 1.3: Průchod slunečního záření atmosférou [10]

Ve viditelném spektru dochází k pohlcení jen částečnému a to závisí na tloušťce atmosféry, kterou musí záření projít. Větší pohlcení se odehrává na rovníkových oblastech, naopak menší v polárních oblastech a na horách, ale v polárních oblastech musí záření projít větší šířkou atmosféry, protože dopadá pod větším úhlem. Množství dopadajícího solárního záření v ČR je udán na solární mapě, která je zobrazena na obr. 1.4.

Sluneční záření samozřejmě dopadá všude a to kolik energie z něj získáme, záleží na určitých faktorech. Prvním faktorem je zeměpisná poloha. Pokud srovnáme oblasti kolem rovníku a pólů, tak na oblasti kolem rovníku dopadá mnohem více záření než na ty v okolí pólů.

Druhým faktorem může být klima. Zemská atmosféra částečně záření pohlcuje a částečně se od atmosféry odráží. V tomto ohledu má velký vliv oblačnost. Při velké oblačnosti projde na zemi asi 15 % záření, kdežto při zcela jasné obloze je to cca 80 %.

Třetím faktorem je roční období a vliv počasí. Množství dopadajícího slunečního záření se během roku mění a to ovlivňuje, kolik energie můžeme v jednotlivých ročních obdobích získat. V létě, kdy Slunce svítí dlouho a je vysoko na obloze můžeme získat téměř 8 kWh z plochy kolektoru o výměře 1m^2 . V zimě je to samozřejmě daleko méně, cca 2 kWh. Přesné hodnoty jsou však ovlivněny oblačností. V letním období při zatažené obloze to jsou pouze 3 kWh a v zimě necelé 0,3 kWh. [2, 6]



Obr. 1.4: Solární záření v ČR [9]

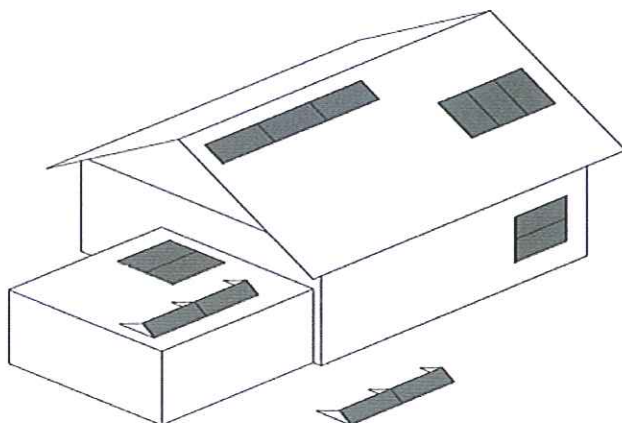
Posledním důležitým faktorem, který ovlivňuje množství získané energie ze slunečního záření je sklon a orientace dopadové plochy. Největší výkon, který je možný získat ze solárního záření získáme z plochy, která je nastavena kolmo k dopadajícím slunečním paprskům. Proto se preferují střechy šikmé nebo ploché. Jelikož slunce svítí každou denní i roční dobu na zemi pod jiným úhlem, bylo by ideální, kdyby se kolektory mohly natáčet. V tab.č.1.1 jsou zobrazeny nejvhodnější úhly nastavení kolektorů v jednotlivých měsících. Samozřejmě množství energie, kterou lze ze záření získat, klesá se snižujícím se úhlem. Orientace dopadové plochy se doporučuje na jih. Pokud by byla jižní strana jakkoliv stíněna například stromy nebo částmi budov, jako další možností orientace je jihozápad, popř. jihovýchod. Za nevhodný směr se považují rovněž místa, kudy přechází stín. Vzniklé odchylky způsobené nepřímo doporučeným umístěním kolektorů, bývají kompenzovány nepatrným zvětšením kolektorové plochy. To je ve většině případů levnější a opticky hezčí, než nákladné upevňovací systémy, které by umožňovaly optimální umístění a nasměrování kolektorů. Další možností umístění kolektorů je vertikální na fasády. To je však v ČR zatím opomíjeno. Výhody mají však mnohé, a to, slouží jako tepelná izolace, nezapadají v zimě

sněhem, méně se špiní a není tak snižována jejich účinnost. Nepochází během letních měsíců k jejich přehřívání a v průběhu roku jsou energetické zisky vyrovnanější.

Kolektory mohou být rovněž umístěny i kdekoli jinde na volné ploše, kde nejsou nijak stíněny. K venkovním bazénům se rovněž mohou využít i mobilní kolektory, které se po skončení sezóny mohou jednoduše sklídit. Na Obr. 1.5 jsou zobrazeny možnosti umístění slunečních kolektorů. [3]

<i>Měsíc</i>	<i>Úhel dopadu paprsků</i>	<i>Sklon kolektorů</i>
<i>Leden</i>	19	71
<i>Únor</i>	27	63
<i>Březen</i>	38	52
<i>Duben</i>	50	40
<i>Květen</i>	59	31
<i>Červen</i>	63	27
<i>Červenec</i>	61	29
<i>Srpen</i>	54	36
<i>Září</i>	43	47
<i>Říjen</i>	32	58
<i>Listopad</i>	22	68
<i>Prosinec</i>	17	73

Tab. 1.1: Doporučené úhly dopadu přímého slunečního záření



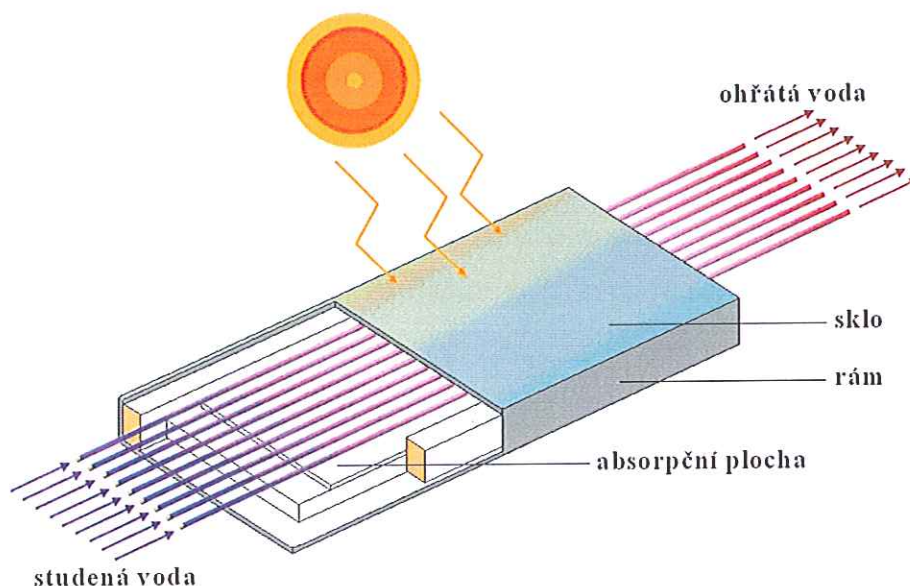
Obr. 1.5: Ukázka různých možností umístění solárních kolektorů

1.3 Využití solární energie

1.3.1 Aktivní využívání

Aktivní solární systémy využívají fototermální a fotovoltaickou přeměnu energie. Fototermální přeměna funguje tak, že energie slunečního záření se přeměňuje na tepelnou energii pomocí speciálních zařízení, které se nazývají solární kolektory. Schéma solárního kolektoru je znázorněno na obrázku č. 1.6.

Solární kolektor je nejdůležitější částí solárního systému. Pracuje na principu skleníkového efektu. Je složen z rámu, absorpční plochy, skla a trubic, ve kterých proudí teplotnosné médium. Podrobnější popis je v další kapitole. [4]



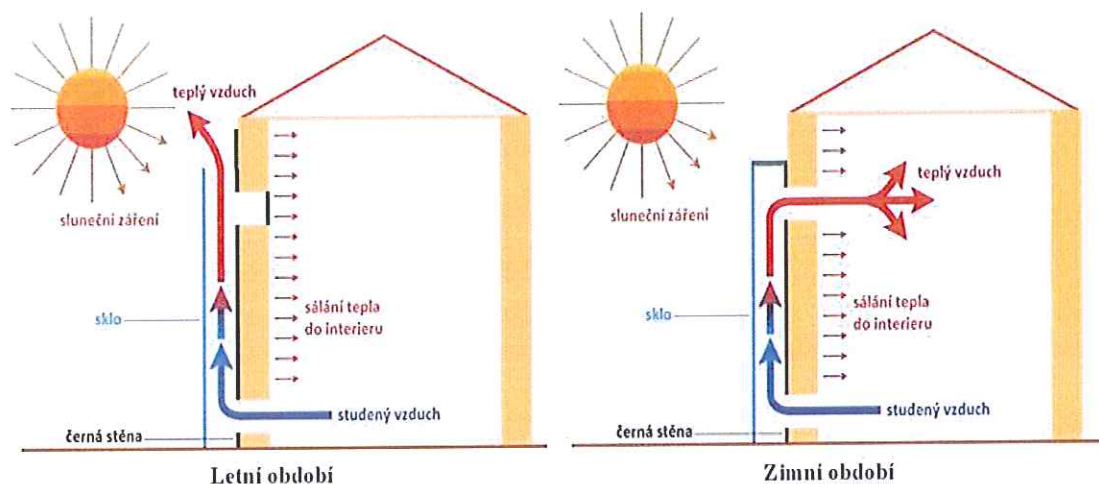
Obr.č.1.6: Schéma solárního kolektoru [4]

1.3.2 Pasivní využívání

U pasivních solárních systémů můžeme mluvit o přeměně solární energie na teplo, která se provádí vhodnými architektonickými opatřeními, mezi něž patří např. prosklené stěny orientované na jih, skleníky apod. Princip přenosu energie tedy stojí na přirozeném proudění, tedy bez pomoci technických zařízení. Za pasivní solární systém můžeme považovat klidně i celou budovu nebo pouze její část.

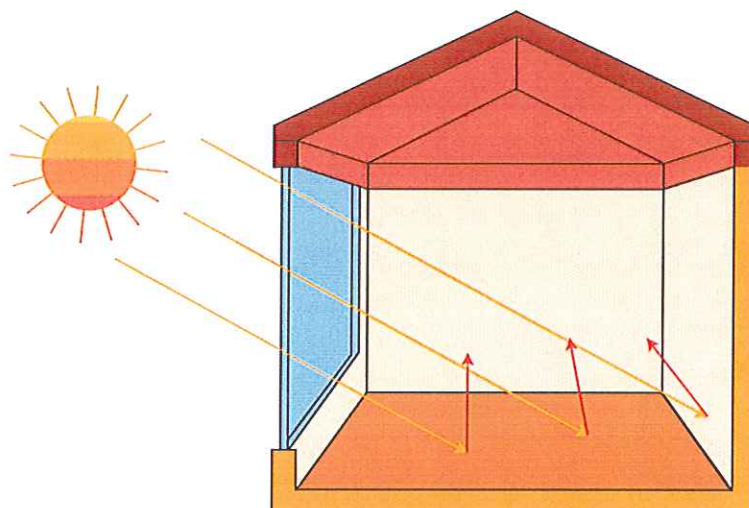
Při navrhování objektů, které jsou založeny na pasivním využívání solárního záření, se musí brát v úvahu několik faktorů. Patří mezi ně tvar budovy, umístění budovy, druh

použitých materiálů, využití zeleně, využití bariérových prvků apod. Tyto objekty mají za úkol, zachytit co možná nejvíce energie ze solárního záření v zimních měsících, zatímco v letních měsících by absorbování mělo být co nejmenší. Existuje velké množství pasivních solárních systémů. Mezi nejznámější patří Trombeho stěna znázorněna na obrázku č. 1.7 [4]



Obr.č.1.7: Trombeho stěna v letním a zimním období [4]

Tento systém se skládá z masivní akumulční stěny, před kterou je umístěna skleněná plocha. Akumulční stěnu pokrývá černá barva, která umožňuje dobře pohlcovat sluneční záření. Mezi sklem a akumulční stěnou je vzduchová mezera, do které proudí studený vzduch spodním otvorem z objektu. Ve vzduchové mezeře se ohřeje vlivem slunečního záření a přesune se horním otvorem zpět do objektu. Otvory lze otevírat a zavírat, např. pomocí klapek. Tímto způsobem funguje Trombeho stěna v zimním období. V letním období by ale byl vzduch v interiéru přehříván, proto se klapka horního otvoru uzavře a teplý proud ze vzduchové mezery tedy nemůže proudit do objektu. Současně je otevřena horní klapka vzduchové mezery a teplý vzduch tudy může proudit ven do ovzduší. Další příklad pasivního využívání slunečního záření můžete vidět na obr. č. 1.8. [4]



Obr.č.1.8: Pasivní solární systém [4]

2 Solární systémy

Solární systém je skupina zařízení, která svou společnou funkcí umožňuje přenesení solární energie ze slunce na teplotně nosné médium ve formě tepla a tím tomuto médiu zvýšit teplotu, pomocí které se pak ohřívá další voda. V našich podmínkách se tyto systémy považují za dobrou alternativu pro sezónní ohřev vody. Základní dělení solárních systémů je dle typu u teplotně nosné látky. Jsou to systémy kapalinové a vzduchové dle typu použitého kolektoru (kap.2.8).

Solární systémy dělíme podle využití na systémy pro:

- ohřev vody v bazénu
- ohřev užitkové vody (pitné)
- ohřev užitkové vody a vytápění

Systémy jsou dále děleny dle oběhu teplotně nosného média na:

- systémy se samotížným oběhem (kap. 2.2.1)
- systémy s nuceným oběhem (kap. 2.2.2)

V případě, že je systém dodatečně ohříván, rozlišují se na:

- systémy bez dohřívání
- systémy s dohříváním

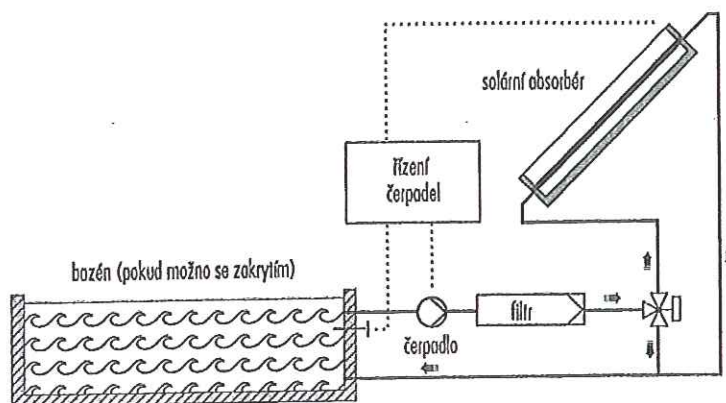
Systémy dále mohou být dle proudění v solárním okruhu:

- otevřené, tedy beztlakové
- uzavřené, tedy tlakové

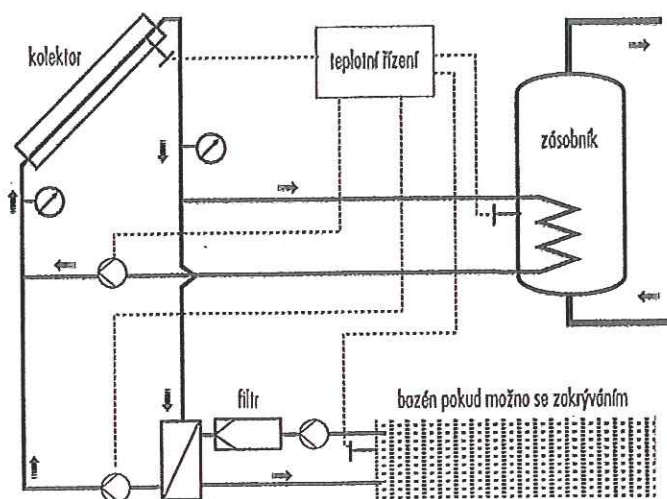
2.1 Systém pro ohřev vody v bazénu

Tyto soustavy jsou navrhovány zásadně s nuceným oběhem, tedy s čerpadlem. Jedná se vždy o beztlakové systémy, protože plavecký bazén je otevřená nádrž. Systém je jednookruhový, sestávající z bazénu jako zásobníku, solárního přívodu a zpátečky z potrubí odolného chlorované vodě, čerpadla s řízením a běžných armatur. Na obrázku č.2.1 je znázorněno schéma solárního systému s otevřeným solárním okruhem.

Pro majitele zahradních bazénů je výhodné předdimenzovat solární systém plánovaný pro ohřev teplé vody v domácnosti a letní přebytky tepla převádět do bazénu. Bazén jako druhý zásobník bude nabíjen vždy tehdy, když bude dostatečně ohřátý zásobník teplé vody. Jako tepelný výměník se používá protiproudý tepelný výměník z ušlechtilé oceli, jehož plocha musí být dimenzována pro přenos celkového výkonu kolektoru. Na obrázku č.2.2 je schéma kombinované solární soustavy pro ohřev TUV a vody v bazénu.



Obr.č.2.1: Schéma solárního systému s otevřeným solárním okruhem [3]



Obr.č.2.2: Schéma kombinované solární soustavy pro ohřev TUV a vody v bazénu [3]

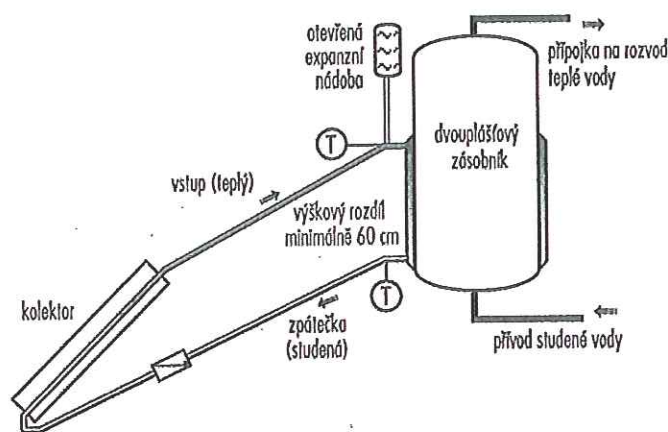
2.2 Solární systémy pro ohřev TUV

Systémy pro ohřev TUV se dále dělí na systémy samotížné a systémy s nuceným oběhem.

2.2.1 Samotížné systémy

Protože má teplá voda menší hmotnost než voda studená, stoupá v kolektoru a potrubním systémem a teče do výše položeného zásobníku. Zatímco ochlazená voda z dolní části zásobníku teče zpět do kolektoru. Samočinný oběh funguje pouze, pokud je voda v kolektoru teplejší než v zásobníku. Mezi výhody patří především to, že se oběh řídí téměř samočinně. Solární okruh funguje bez čerpadla, cizí energie a řídicích prvků. Systémy mohou být i s otevřeným solárním okruhem. Využívají se u jednoduše řešených soustav, kde není

k dispozici el. proud ze sítě. Mezi nevýhody patří nižší účinnost a menší zisk energie, jelikož se rychle mění záření a teplotní rozdíly mezi kolektorem a zásobníkem. Jako další nevýhoda je umístění zásobníku. Ten musí být nejméně 0,6 až 1,0 metr nad kolektorem a musí mít nainstalovanou zpětnou klapku, aby v noci, kdy je zásobník teplejší než kolektor, nedošlo k nežádoucímu obrácení oběhu. Mezi možnostmi dohřívání TUV patří použití elektrického topného tělesa, tepelného výměníku v zásobníku, či průtokový ohřívač. Na obrázku č.2.3 je vidět systém se samotížným oběhem.



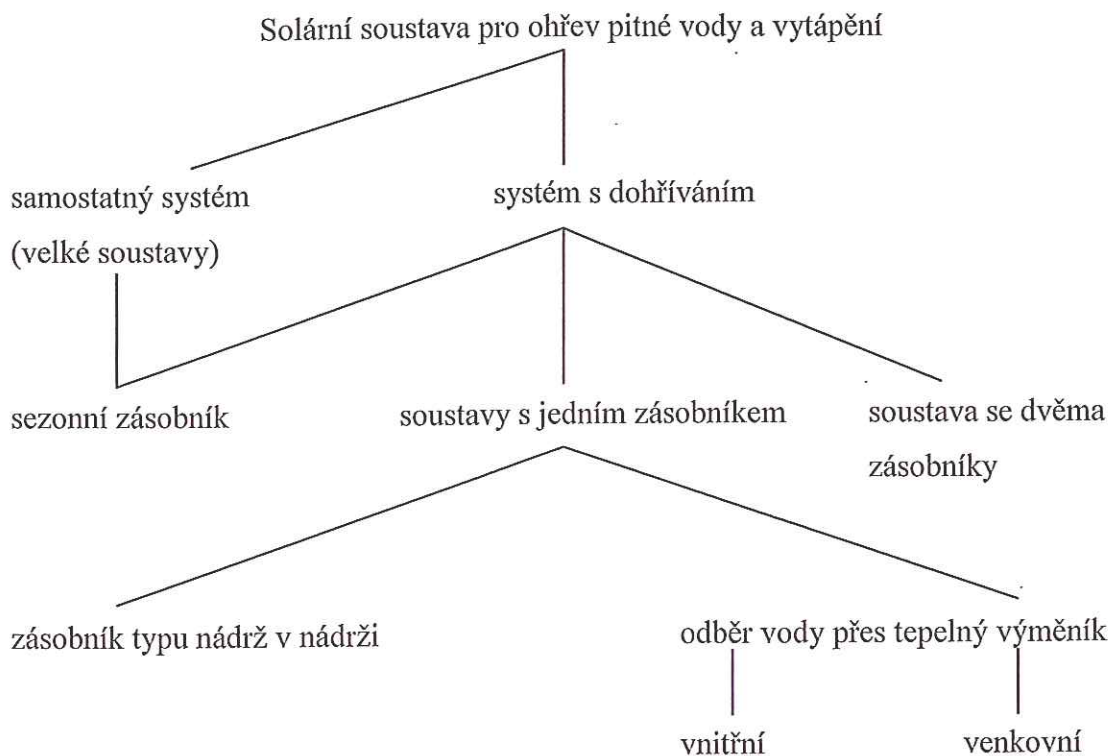
Obr.č.2.3: Systém se samotížným oběhem [3]

2.2.2 Systémy s nuceným oběhem

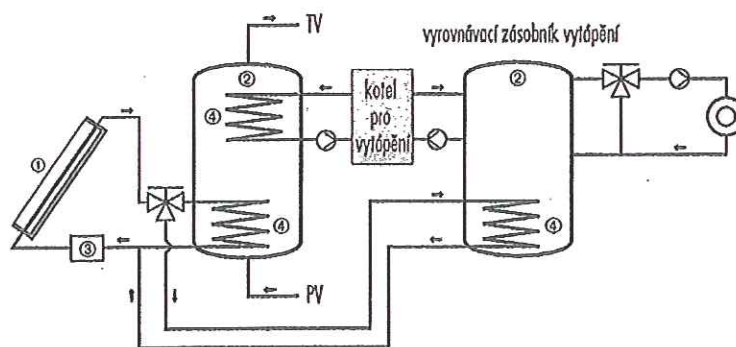
Od samotížných systémů se liší tím, že musí být použito čerpadlo, uvádějící teplotnosnou kapalinu v solárním okruhu do cirkulace. Pro řízení čerpadla je nutný regulátor. Výhodou je libovolné umístění kolektorů a zásobníku a nevýhodou jsou náklady na čerpadlo, řízení, instalaci a celkové seřízení. Ve středoevropském klimatu se prosadil především uzavřený systém s tepelným výměníkem. Systémy bez tepelného výměníku jsou výhodné pro celoroční využití v jižních zemích, kde nenastávají mrazy a systémy nemusí být vyprazdňovány.

2.3 Solární systémy pro ohřev TUV a vytápění

V posledních letech narůstá uplatnění těchto kombinovaných solárních systémů. Jedním z důvodů je výstavba nízkoenergetických domů, které potřebují jen málo energie pro vytápění. Dále k tomu přispěly pokroky solární techniky – zlepšené systémy zásobníků s vrstvením teplé vody. Solární systémy pro ohřev TUV a vytápění jsou děleny na samostatné systémy a systémy s dohříváním. Další přehled je znázorněn níže.

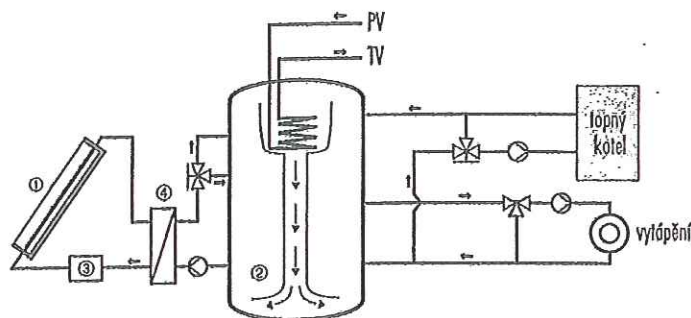


Jednotlivé příklady používaných systému pro ohřev TUV a vytápění jsou na následujících obrázcích č.2.4 a 2.5:



1 – kolektor; 2 – zásobník; 3 – kompaktní jednotka; 4 – tepelný výměník; PV – pitná voda; TV – teplá voda

Obr.č.2.4: Systém se dvěma zásobníky [3]



1 – kolektor; 2 – zásobník; 3 – kompaktní jednotka; 4 – tepelný výměník; PV – pitná voda; TV – teplá voda

Obr.č.2.5: Jednozásobníkový systém s venkovním tepelným výměníkem na solárním okruhu a vnitřním tepelným výměníkem na spotřebním okruhu [3]

Téměř všechny solární soustavy pro ohřev TUV a vytápění jsou provedeny s dohříváním z jiného zdroje, jelikož 100 % pokrytí je střední Evropě možné jen s velkými náklady. Zdroj tepla může být s řízeným výkonem, což jsou plynové kotle, dálkové topení, kotel na štěpku, tepelné čerpadlo s řízenými otáčkami. Dají se zde použít jeden i dva zásobníky. Dalším zdrojem tepla může být zdroj s neřízeným výkonem, kde jsou kotle na dřevo, uhlí, těžký topný olej a tepelná čerpadla bez řízených otáček.

2.4 Solární systémy bez dohřívání (monovalentní)

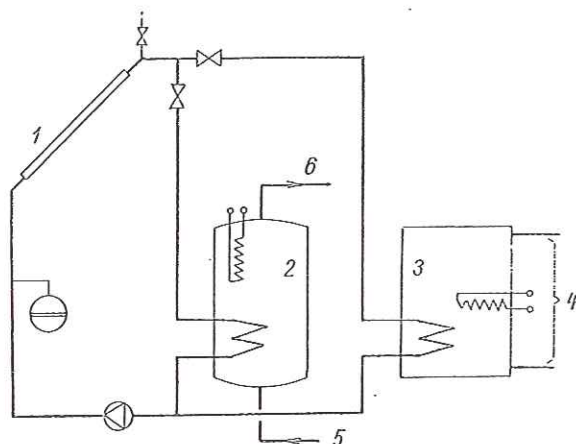
Tyto systémy se vyznačují tím, že nevyužívají žádné dodatkové zdroje tepla. Používají se tedy pouze pro sezónní ohřev TUV nebo bazénu, protože potřebují hodně slunečního svitu.

2.5 Solární systémy s dohříváním (bivalentní)

V období, kdy je potřeba teplé vody kryta solární energií jen částečně, jsou solární systémy vybaveny možností dodatečného ohřevu. Systém musí být seřízen tak, aby dohřev zapíнал samostatně jen při odběru a co nejvíce využíval solární energii. Zdrojem pro ohřev mohou být kotle, elektrická topná tělesa v zásobnících nebo průtokový ohříváče.

U menších zařízení je možno v bivalentním systému, jak jsem již zmínil, kombinovat solární kolektory s el.topným tělesem. Teplo zachycené během dne se akumuluje v zásobníku, v něm se pak pomocí topného tělesa voda dohřeje na požadovanou teplotu. V zimních měsících, kdy je nedostatek slunečního záření se jedná jen o elektrické vytápění. Na

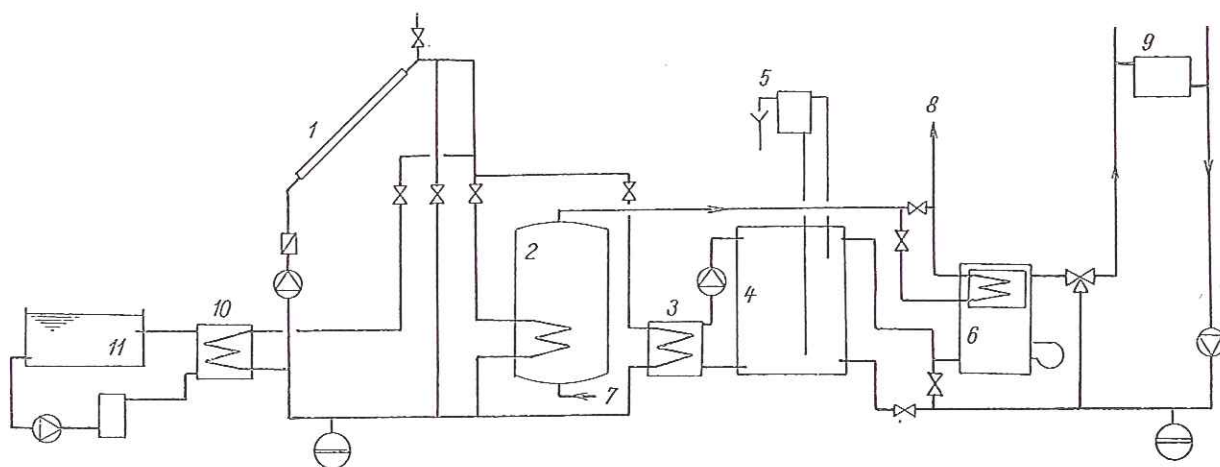
následujícím obrázku č.2.6 je vidět schéma bivalentního systému s elektrickým topným tělesem.



1 – kolektory; 2 – zásobník TUV s elektrickým dohříváčem; 3 – zásobník teplé vody pro vytápění s elektrickým dohříváčem; 4 – otopná soustava; 5 – přívod chladné vody; 6 – vývod teplé vody

Obr.č.2.6: Schéma solárního systému s elektrickým topným tělesem [1]

Nejobvyklejší řešení bivalentního systému pro vytápění je kombinace solárních kolektorů s kotlem na plyn. Voda z kolektoru je přiváděna do kotle a zde se dohřívá na teplotu potřebnou na vytápění. V kotli se dá rovněž dohřívát i užitková voda, jelikož součástí kotle je průtokový ohříváč TUV. V zimním období může být sluneční systém zcela odstaven a tak všechnu energii dodává sám kotel. Na obrázku č.2.7 je vidět schéma solárního systému s kotlem.

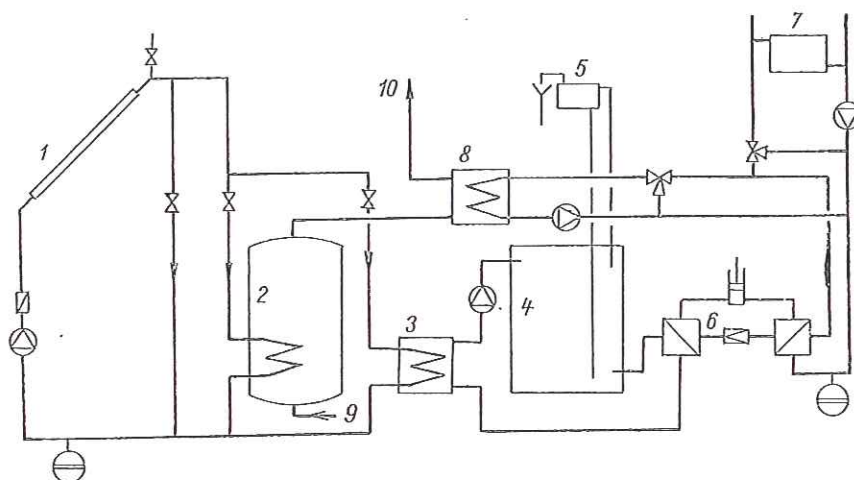


1 – kolektory; 2 – zásobník TUV; 3 – výměník tepla pro ohřev otopné vody; 4 – zásobník otopné vody; 5 – otevřená expanzní nádoba; 6 – kotel s průtokovým ohříváčem

užitkové vody; 7 – přívod chladné vody; 8 – vývod teplé vody; 9 – otopná soustava; 10 – výměník tepla pro bazén; 11 – bazén

Obr.č.2.7: Schéma solárního systému s kotlem [1]

Dalším řešením bivalentního systému je kombinace kolektorů s tepelným čerpadlem. Voda v zásobníku se ohřívá pomocí slunečních kolektorů, zásobník je pak zdrojem tepla pro tepelné čerpadlo. Dále toto čerpadlo ohřívá vodu v zásobníku na požadovanou hodnotu. Na obrázku č.2.8 je schéma solárního systému s tepelným čerpadlem.

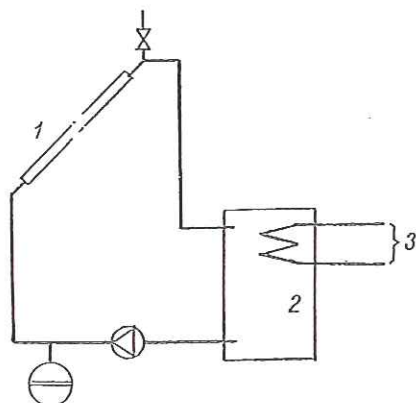


1 – kolektory; 2 – zásobník TUV; 3 – výměník tepla pro ohřev otopné vody; 4 – zásobník teplé vody pro vytápění; 5 – otevřená expanzní nádoba; 6 – tepelné čerpadlo; 7 – otopná soustava; 8 – ohříváč užitkové vody; 9 – přívod chladné vody; 10 – vývod teplé vody

Obr.č.2.8: Schéma solárního systému s tepelným čerpadlem [1]

2.6 Solární systémy - otevřený solární okruh

U tohoto systému se předpokládá použití expanzní nádoby v nejvyšším místě solárního okruhu, která vyrovnává objemové změny kapaliny v důsledku měnících se teplot a minimalizuje únik kapaliny. Tlak v tomto systému je relativně malý. Jako teplotonosná látka se používá přímo voda, která se mísí s vodou v zásobníku. Na obrázku č.2.9 je znázorněn otevřený okruh kolektorů.

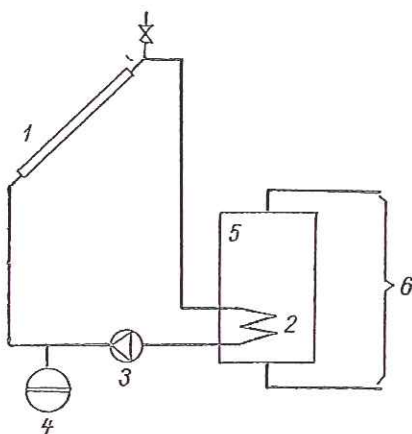


1 – kolektor; 2 – zásobník teplé vody s výměníkem; 3 – okruh spotřebičů

Obr.č.2.9: Otevřený okruh kolektorů [1]

2.7 Solární systémy - uzavřený solární okruh

Tento systém je uzavřený a pod tlakem, expanzní nádoba zde vyrovnává změny objemu kapaliny, přetlakový ventil omezuje systémový tlak na bezpečnou hranici. Teplonosná látka se zde nemíchá s vodou v zásobníku. Na obrázku č.2.10 je vidět schéma uzavřeného solárního okruhu.

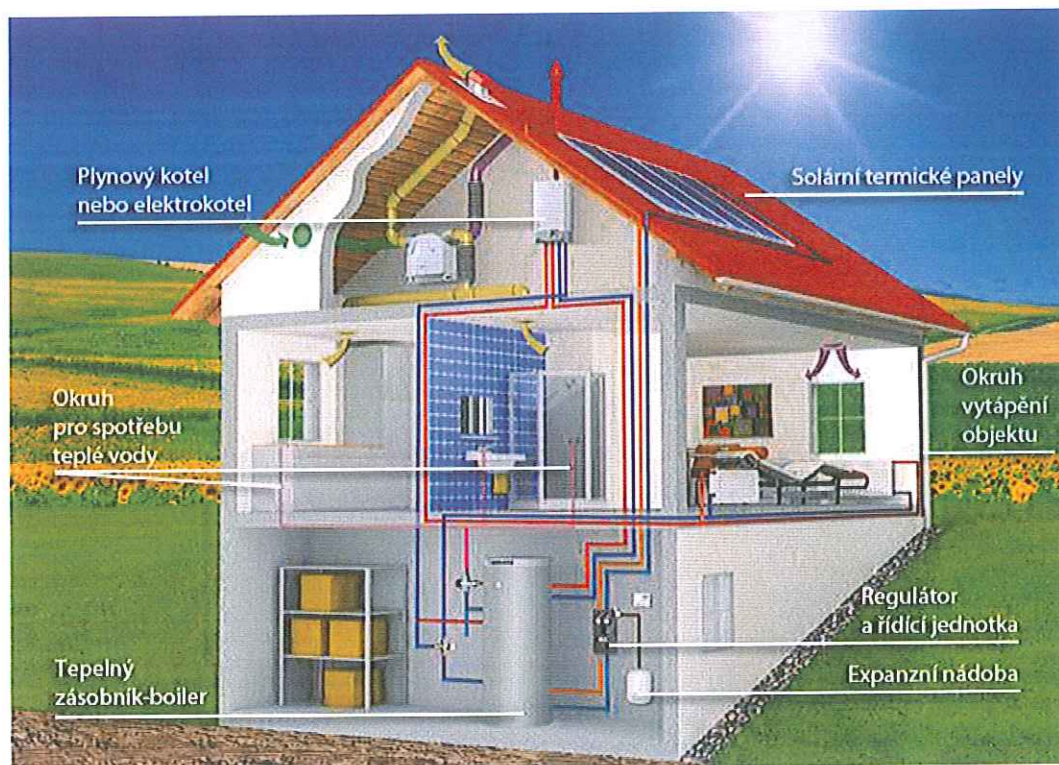


1 - kolektor; 2 – výměník tepla; 3 – oběhové čerpadlo; 4 – expanzní nádoba; 5 – zásobník teplé vody; 6 – okruh spotřebičů

Obr.č.2.10: Uzavřený okruh kolektorů [1]

Solární systém je tedy vzájemné propojení dílčích komponentů. Mezi tyto komponenty patří solární kolektory, tepelné výměníky, potrubí, armatury, čerpadla, zabezpečovací a řídicí systémy. Uvádí se, že je možné ušetřit ročně až 75 % nákladů, které použijeme na ohřev vody. Výkon, který lze získat z metru čtverečního plochy kolektoru odpovídá hodnotě kolem 550 kWh za rok.

Solární systém se skládá z jednotlivých částí, jak je uvedeno na obrázku č. 2.11. [2]



Obr.2.11: Schéma solárního systému [11]

2.8 Solární kolektory

Již dlouhou dobu je známo, že voda, která protéká zahradní hadicí, se ohřívá, pokud je tato hadice umístěna na slunci. Z tohoto principu vyplývá funkce dnešních solárních kolektorů. Solární kolektory můžeme považovat za nejdůležitější a hlavní část solárního systému. Slouží pro sběr slunečního záření a následného převedení na teplo. Jejich konstrukce je velice důležitá z hlediska množství absorbované energie. Jelikož se kolektory používají, jak jsem již uvedl, ke sběru solárního záření, měly by umožňovat co nejvyšší absorpci slunečního záření a co nejmenší odrazivost. Dále by měly být odolné vůči špatným povětrnostním podmínkám.

Povrch solárních kolektorů se většinou opatřuje černým nátěrem, černým chromem nebo jiným vysokoselektivním nátěrem, který způsobuje vysokou absorpci slunečního záření. Dříve se černý chrom nanášel galvanickou metodou, zatímco dnešní moderní selektivní povrchy se naprašují nebo natryskávají při vysoké teplotě. Díky těmto povrchům mají solární kolektory vysokou účinnost přeměny slunečního záření na teplo. Udává se hodnota kolem 85 až 95 %. Solární kolektory se navrhují co do velikosti a hmotnosti tak, aby mohly být na stavbě dostupnými metodami osazovány popř. vyměňovány. Dále by měly být navrženy i pokud možno s přiměřenou cenou. Velký vliv na cenu má nejen výběr materiálu, ale i postup výroby. V dnešní době se využívá několik typů kolektorů. Můžeme je rozdělit podle tvaru nebo typu prostředí, kde proudí teplotná látka. Dle tvaru máme kolektory trubkové nebo ploché, podle prostředí kolektory vzduchové a kapalinové. Dále jsou popsány nejběžnější typy solárních kolektorů. [1, 2]

2.8.1 Ploché kolektory

Můžeme říci, že tento typ kolektorů je nejpoužívanější. Jsou celkem levné ve srovnání s ostatními typy, protože mají jednoduchou konstrukci. Tyto kolektory se velmi často používají při instalaci přímo do střešní krytiny.

Plochý kolektor se skládá z vany kolektoru s tepelnou izolací, absorberu, teplovodivého potrubí, a krycího skla.

Kolektorová vana musí být zevně dobře uzavřená, aby do prostoru nemohla pronikat vlhkost, prach a hmyz. Sjednocuje všechny komponenty do funkce schopného kolektoru. Používají se následující materiály:

- plastické hmoty
- pozinkované nebo nerezové plechy
- dřevo

Tepelná izolace musí být dostatečně silná a teplotně odolná. Používají se především tvrdé desky z pěnového polyuretanu nebo tepelná izolace na bázi čedičových či skelných rohoží.

Absorbér musí dopadající sluneční záření měnit pokud možno úplně na teplo a to dobře převádět do teplotného média. Absorbér tedy musí mít vysoký součinitel absorpce plochy absorberu a dobrou tepelnou vodivost mezi absorberem a nosičem tepla. Dále musí být odolný vůči teplotě, tlaku a korozi. Absorbéry jsou převážně vyráběny z oceli, mědi a hliníku. Jednotlivé druhy jsou pak:

- **Lamelový absorbér** - skládá se z korozně odolné Cu trubky a absorpčního pásu (lamely z Cu nebo lehčího a levnějšího Al). Mají zpravidla dobré tepelné vlastnosti, jsou lehké i cenově dostupné.
- **Deskový absorbér** - vyroben z Cu nebo oceli se zalisovaným nebo naletovaným systémem Cu trubek.
- **Polštářový absorbér** - vyroben z běžné nebo ušlechtilé oceli. Jsou plnoplošně průtočné, dosahují tedy nejlepšího převodu tepla mezi absorbérem a nosičem tepla. Nevýhodou je, že jsou těžké a mají velký objem kapaliny.
- **Válcovaný absorbér** - vyroben z Al plechu a z tepelného hlediska jsou velice výkonné. Hliník je však velice náchylný ke korozi, proto se používají speciální, protikorozní prostředky.

Krycí sklo musí být, pokud možno, co nejvíce propustné pro světlo a odolné vůči vysokým teplotám, počasí a UV záření. Toto sklo musí být natolik stabilní, aby přestálo krupobití a vyšší zátěž sněhem. Dále nesmí mít sklon ke špinění. Tyto skla se vyrábí především s jedním sklem, popřípadě se dvěma. Dvojitě krytí vede sice k výrazné redukci tepelných ztrát, současně ale klesá jejich světelná propustnost, což způsobuje stoupající optické ztráty kolektoru. Další nevýhodou dvojitěho krytí je vysoká hmotnost a cena.

U plochých kolektorů platí, že absorpční plocha odpovídá svou velikostí ploše, kterou prochází sluneční paprsky. Ztráty, které na kolektoru vznikají, se mohou výrazně snížit tím, že vložíme absorpční plochu do skleněné trubice, ze které se následně odčerpá vzduch. Tímto vznikají ploché kolektory vakuové. Tyto vakuové kolektory se vyznačují velmi vysokou účinností. Ploché kolektory mají obdélníkový tvar. Hlavní využití je příprava teplé vody, zejména mimo topné období. Příklad plochého kolektoru je zobrazen na obrázku č.2.12 [1, 3]

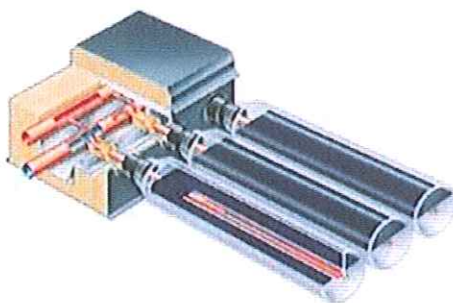


Obr.č.2.12: Plochý kolektor [12]

2.8.2 Vakuové trubicové kolektory

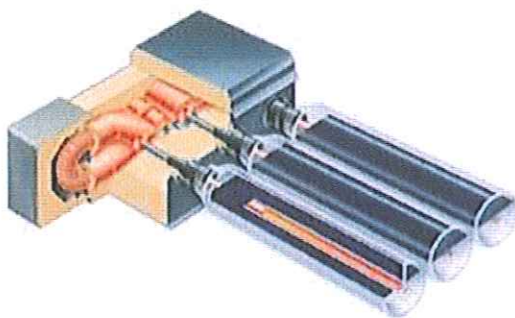
Trubicové vakuové solární kolektory používáme zejména pro aplikace s vyššími teplotami a to pro vytápění, méně vhodné jsou pro přípravu TUV a nevhodné pro ohřev bazénové vody. U těchto kolektorů je absorpční vrstva chráněna vakuem, proto mají tyto kolektory velmi malé tepelné ztráty. Jejich velkou výhodou je, že mohou pracovat i při velkých rozdílných teplotách kolektoru a okolí. Používají se tehdy, pokud se chce dosáhnout vyššího zisku energie, avšak tomu odpovídá vyšší cena oproti běžným plochým kolektorům. Trubice u těchto kolektorů jsou namáhány značným rozdílem tlaků, proto mají vždy tvar trubic. Uvnitř trubice se nachází lamela absorbéru. Vakuové trubicové kolektory dělíme na: s přímo protékáním absorbérem a absorbérem s tepelnou trubicí.

V prvním typu protéká absorbérem teplonosné médium přímo. U těchto kolektorů se může dosáhnout teploty až 300°C. Jsou proto velmi vhodné pro výrobu technologického tepla, jako je např. výroba páry. Kolektory lze spojovat do sérioparalelního zapojení, které umožňuje to, že lze spojit dohromady několik kolektorů tak, aniž by se zvyšovala tlaková ztráta kolektorů a muselo se použít oběhové čerpadlo. Tento typ je znázorněn na obrázku č.2.13.



Obr.č.2.13: Kolektor s přímo protékáním absorbérem [13]

Ve druhém typu je lamelový absorber konstruován jako tepelná trubice vyplněná snadno se vypařující kapalinou, nejčastěji vodou. Ta se již při menším záření vypařuje, stoupá tepelnou trubicí vzhůru do kondenzátoru, kde předá teplo, kondenzuje a opět stéká dolů. Předané teplo je odváděno teplotnosným médiem, které protéká kolektorovým okruhem. Trubice proto musí být ve sklonu nejméně 15 až 20°. Výhodou tohoto typu je výměna trubice v kolektorovém okruhu, aniž by kolektor musel být vypuštěn. Tento typ je znázorněn na obrázku č.2.14.



Obr.č.2.14: Kolektor s tepelnou trubicí [13]

Účinnost těchto kolektorů je stejná jako u prvního typu, tedy velmi vysoká. Principiálně je to zase obdoba plochého kolektoru.

Absorbér je obecně u vakuových kolektorů vyráběn z mědi, a to ve formě lamelových absorberů s integrovanou trubicí. Transparentní kryt (krycí sklo) je zde z bórsilikátového skla o tloušťce 1,5 až 3,0 mm. U vakuových trubic je sama trubice skříní, která chrání absorber a vakuum, tedy izolací. Materiály jsou zde navrženy ty samé jako u plochých kolektorů, tedy hliník, ocel a plastické hmoty, avšak žádné dřevo. Z vakuových trubic bývají přečnávající trubky napojeny na sběrné potrubí tzv. hlavou, kterou je transportováno teplo do zásobníku. Příklad vakuového kolektoru je uveden na obrázku č.2.15. [3, 5]



Obr.č.2.15: Vakuový solární kolektor [14]

2.8.3 Vzduchové kolektory

Vzduchové kolektory využívají cíleně sluneční záření pro ohřev vzduchu. Konstrukce se velmi podobá konstrukci plochých kolektorů. Vzduchem protékáný nebo obtékáný absorber leží v dobře izolované skříni se skleněnou tabulí na přední straně. Kanály pro vzduchové kolektory musí mít velký průřez a potřebují mnoho místa, protože hustota vzduchu je 1000krát menší než hustota vody. Nepříznivý vliv na energetickou bilanci systému má velikost spotřeby hnacích agregátů - ventilátorů. Mezi výhody však patří:

- v zimě nezamrzají
- letní chod naprázdno není problém
- menší korozní problémy
- použití levnějších materiálů

Uplatnění těchto kolektorů je zejména v budovách vybavených vzduchotechnickým vytápěním, např. ve sportovních halách, koupalištích, skladech, ale i obytných budovách.

2.8.4 Koncentrační kolektory

Tyto kolektory překonávají tepelně - technické vlastnosti plochého kolektoru, protože mohou optickou cestou, zrcadly nebo čočkami, mnohonásobně zvýšit záření na absorberu. Tak mohou vyvinout podle soustředění teploty od 80°C až 2000°C. Soustřeďovat se dá jen přímé záření, takže ve středoevropském klimatu zůstává tato možnost z větší části nevyužita. Použití těchto kolektorů je možné jen v zemích s vysokým podílem přímého záření. Používají

se cylindrická, parabolická zrcadla s trubkovým absorberem v ohnisku nebo zrcadla ve tvaru rotačního paraboloidu.

2.8.5 Zásobníkové kolektory

Sjednocuje v sobě funkci kolektoru a tepelného zásobníku (max. objem 200 litrů) do jedné společné jednotky. Zásobník s horní plochou absorberu leží v tepelně izolované kolektorové skříni a je napojen na instalaci teplé a studené vody. Výhodou jsou nižší ceny zařízení, jelikož odpadnou náklady na další prvky systému, jako jsou potrubí, tepelný zásobník či čerpadlo. Nevýhodou je, že teplota vody v kolektoru klesá v noci rychleji než v dobře izolovaném separátním zásobníku, tzn., že se musí častěji dohřívat. V zimním období může voda zmrznout. Využívá se u víkendových chat a prázdninových zařízení.

2.9 Další důležité komponenty solárního systému

Tepelný zásobník

Přebírá z kolektoru přebytečnou energii a uchovává ji pro další použití. Potřebný objem zásobníku se řídí denní spotřebou vody. Zásobníky se po celém povrchu izolují, jelikož zde dochází k nechtěným tepelným ztrátám. Rovněž jsou izolována všechna potrubí. V zásobníku dochází k tepelnému vrstvení vody, což se využívá při odběrech vody. Chladná voda je těžší a klesá dolů na rozdíl od teplé vody. Nejteplejší voda se využívá pro TUV a méně teplá na vytápění a bazén. Materiály používané pro výrobu zásobníků jsou ocel a plast.

Tepelný výměník

Stará se o přenos tepla z teplonosného média do topné vody v zásobníku. Aby mohlo dojít k přenosu tepla, je nutný rozdíl teplot mezi topným a oteplujícím se médiem. Tepelné výměníky jsou většinou používány s hladkými trubkami a osazují se dovnitř zásobníku, tzn., nezabírají žádné další místo. Výměníky jsou v zásobnících umístěny co nejnižší. Dalším typem jsou výměníky deskové, které jsou využívány především při ohřevu bazénové vody.

Čerpadlo

Zařízení, které se využívá u kolektorových soustav s nuceným oběhem. Zajišťují tedy pohyb vody nebo nemrzoucí kapaliny. Čerpadlo se navrhuje dle velikosti kolektorové plochy.

Řídicí systém

Tento systém řídí především funkci oběhových čerpadel za účelem optimalizace zisků z kolektorů a zásobníku. Také slouží k udržování teplotních hraničních hodnot v zásobníku. Mimo těchto dvou hlavních úloh dále kontroluje funkce systému, sleduje závady a vytváří analýzu chování systému. Regulační jednotky jsou v posledních letech mnohem jednodušší na ovládání a k tomu cenově dostupnější.

Expanzomat

Pomocí expanzomatu se zachycují změny objemu vody v systému (zabraňuje se tím zvyšování tlaku). Expanzomat udržuje přetlak v soustavě v požadovaných mezích.

Teplonosné médium

Médium má za úkol transportovat teplo od kolektorů k tepelnému zásobníku. Musí splňovat následující parametry:

- vysoká tepelná jímavost
- dobré vlastnosti pro tok a proudění kapaliny
- mrazuvzdornost
- vysoká teplota varu
- nesmí podporovat korozi
- nehořlavost

Téměř většinu těchto požadavků splňuje voda, jelikož však zamrzá, bez příměsí může být použita jen v letním provozu. K zamezení zamrznutí se do vody přidávají nemrzoucí směsi - glykoly, ethylenglykoly, propylenglykoly apod.

Potrubí

Slouží pro přenos média mezi kolektory a zásobníkem. Materiál je vybírán na základě velikosti systému a na druhu materiálu absorbéru. V úvahu přicházejí měděné, ocelové, nerezové a polyethylenové trubky. Průměr potrubí se stanovuje podle tlakových ztrát a rychlosti proudění média v potrubí. Všechny trubky by měly být opatřeny dobrou izolací. Používá se především minerální vlna, polyuretanové tvarovky a pěnová pryž.

3 Obecný návrh solárního systému

3.1 Dimenzování systému pro ohřev TUV

Základem pro návrh systému pro ohřev teplé užitkové vody je spotřeba teplé vody pro daný objekt. Spotřeba se stanovuje pomocí směrných čísel a pro rodinné domy je rozdělena do tří kategorií:

- nízká spotřeba - 30l
- střední spotřeba - 45l
- vysoká spotřeba - 60l

Dále může být spotřeba TUV určena dle tab.č.3.1.

<i>činnost</i>	<i>spotřeba teplé vody [l]</i>	<i>teplota [°C]</i>
<i>mytí nádobí</i>	12-15	50
<i>mytí rukou</i>	2-5	40
<i>mytí hlavy</i>	10-15	40
<i>sprchování</i>	30-60	40
<i>koupelel - norm. vana</i>	120-180	40
<i>koupelel - vel. vana</i>	250-400	40

Tab. 3.1 Spotřeba teplé vody dle typu činnosti [2]

Návrh solárního systému je do jisté míry ovlivněn samotným uživatelem, a to ve smyslu šetření s TUV. Čím nižší spotřeba TUV, tím větší možnost navržení menšího solárního systému a tím nižší pořizovací náklady.

Roční spotřeba tepla pro ohřev TUV Q_{rok} se určí ze vztahu:

$$Q_{rok} = 365 \cdot Q_{den} [kWh/rok], \quad (3.1)$$

kde Q_{den} je denní spotřeba tepla pro ohřev TUV:

$$Q_{den} = c_w \cdot \rho_w \cdot V \cdot (t_2 - t_1) [kWh], \quad (3.2)$$

kde c_w - měrná tepelná kapacita vody ($c_w = 4182 J/kg \cdot K$)

ρ_w - hustota při střední teplotě t

$$t = \frac{t_1 + t_2}{2} [°C] \quad (3.3)$$

V - objem zásobníku [m^3]

t_1 - počáteční teplota vody [°C]

t_2 - teplota ohřáté vody [°C]

Při návrhu systému se volí pouze 40 - 60 procent solárního pokrytí veškeré energie. Je to dáno především poměrem mezi náklady a potřebou. Dále se zde zohledňují ztráty a to ztráty potrubí, tak i ztráty v zásobníku. Na pokrytí těchto ztrát připadá přibližně 10 % z celkové spotřeby tepla.

Množství slunečního záření, které dopadá na kolektor, se odvíjí od několika předpokladů. Mezi ně patří umístění objektu, sklon střechy, popř. různé překážky, které způsobují stínění kolektoru.

Skutečné množství energie dopadající na kolektor za měsíc s průměrnou oblačností se stanoví ze vztahu:

$$Q_{s\text{ měs}} = \tau \cdot Q_{s\text{ měs teor}} [kWh/m^2] \quad (3.4)$$

$$\tau = \tau_{skut}/\tau_{teor} [-], \quad (3.5)$$

kde τ_{skut} – skutečná doba slunečního svitu [hod]

τ_{teor} – teoreticky možná doba slunečního svitu [hod]

τ – poměrná doba slunečního svitu

$Q_{s\text{ měs teor}}$ – teoreticky možné množství dopadající energie za měsíc [kWh/m^2]

Poté je nutné určit účinnost kolektoru. Ta se vypočítá pomocí vztahu:

$$\eta_k = \alpha \cdot \tau_k - k_1 \cdot x - k_2 \cdot E_{stř} \cdot x^2 [-], \quad (3.6)$$

kde α – absorpční součinitel [-]

τ_k – transmisní součinitel [-]

x – redukovaná teplota [m^2K/W]

$$x = \frac{t_k - t_{okoli}}{E_{stř}} \quad (3.7)$$

$E_{stř}$ – střední intenzita slunečního záření

$$E_{stř} = Q_{s\text{ měs teor}}/\tau_{teor} [W/m^2] \quad (3.8)$$

k_1 – součinitel prostupu tepla vrstvou na přední straně kolektoru (na straně se skly)
[$Wm^{-2}K^{-1}$]

k_2 – součinitel prostupu tepla vrstvou na zadní straně kolektoru (na straně s tepelnou izolací) [$Wm^{-2}K^{-2}$]

Množství energie zachycené plochou $1m^2$ kolektoru je:

$$Q_{k\text{ měs}} = \eta_k \cdot Q_{s\text{ měs}} [kWh/m^2] \quad (3.9)$$

Celková plocha kolektorů pro danou spotřebu tepla je následující:

$$S_k = \frac{(1 + p) \cdot Q_{\text{měs}}}{Q_{k \text{ měs}}} [m^2], \quad (3.10)$$

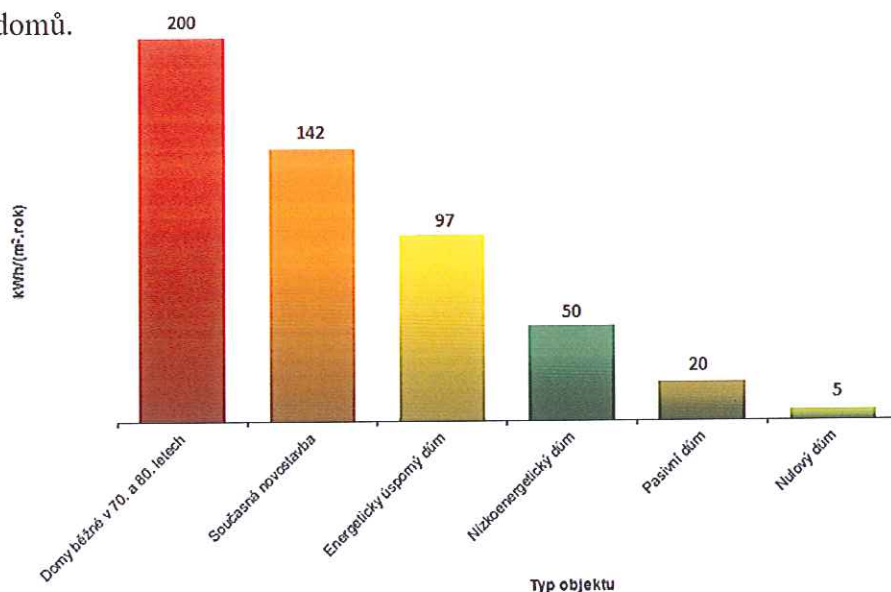
kde p - přírůžka za ztráty 10%. [1]

3.2 Dimenzování systému pro vytápění

Solární systémy se navrhují nejen na ohřev TUV, ale i k přitápění objektů. Nevýhodou je, že v letním období, kdy se téměř netopí, je účinnost kolektorů nejvyšší. Naopak v zimě, kdy bychom solární systém využili nejvíce, je využití velmi malé. Kombinované (bivalentní) solární soustavy mohou účinně pomoci s podporou vytápění v přechodných měsících na jaře a na podzim, kdy se musí topit, přestože venku svítí Slunce. Aby mohly být solární soustavy použity i pro podporu vytápění, musí se splnit nutné předpoklady:

- **nízká potřeba energie v budově** - kombinovaná solární soustava přispívá více ke krytí její potřeby, pokud je menší potřeba energie v budově. Nejúčinnější je solární podpora vytápění u tzv. nízkoenergetických domů (potřeba topné energie 30 - 80 kWh/m².r).
- **chování uživatele** - spolu s technologií stavby a technickým vybavením budovy má chování uživatele rozhodující vliv na spotřebu tepla v budově, a tím i na solární pokrytí spotřeby.
- **sklon kolektorů** - větší sklon kolektorů je příznivější pro podporu vytápění, např. 60°.

Na obrázku č.3.1 je znázorněna měrná roční spotřeba energie na vytápění různých druhů rodinných domů.



Obr.č.3.1: Měrná roční spotřeba energie na vytápění rodinného domu [15]

K dimenzování systému pro vytápění je důležité především stanovit celkovou spotřebu tepla. Tuto spotřebu lze stanovit pomocí denostupňové metody. Celkové tepelné ztráty Q_{celkem} jsou dány součtem tepelné ztráty prostupem tepla konstrukcemi Q_k a tepelné ztráty větráním Q_v snížené o trvalé tepelné zisky.

V každém libovolném období lze vypočítat spotřebu tepla podle:

$$Q_{vyt\ teor} = 24 \cdot Q_{celkem} \cdot \frac{D}{(t_{is} - t_{ev})} \cdot \varepsilon [kWh] \quad (3.11)$$

kde $Q_{vyt\ teor}$ - teoretická potřeba tepla na vytápění [J]

Q_{celkem} - celková tepelná ztráta objektu [W]

D - vytápěné denostupně

$$D = n \cdot (t_{is} - t_a) [dny \cdot K] \quad (3.12)$$

n - počet dní otopného období [dny]

t_{is} - průměrná vnitřní teplota objektu [°C]

t_a - průměrná venkovní teplota za otopné období [°C]

t_{ev} - oblastní venkovní výpočtová teplota [°C]

ε - opravný součinitel vyjadřující vliv nesoučasnosti přírážek pro výpočet tepelných ztrát objektu

$$\varepsilon = \frac{e_i \cdot e_t \cdot e_d}{\eta_o \cdot \eta_l} [-] \quad (3.13)$$

e_i - nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem [-]

Protože tepelná ztráta infiltrací v běžných případech tvoří 10-20 % celkové tepelné ztráty, volí se součinitel v rozmezí 0,8 až 0,9.

e_t - snížení teploty v místnosti během dne respektive noci [-]

Vlivem vhodné regulace je možno v některých objektech snížit teplotu po určitou část dne. Volí se v rozmezí 0,8 až 1,0. Pro školy s polodenním vyučováním je 0,8 a pro nemocnice, kde vyžadujeme 100 % výkon soustavy po celých 24 hodin je 1,0.

e_d - zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu [-]

Volí se v rozmezí 0,8 až 1,0 v závislosti na využití budovy v průběhu týdne.

η_o - účinnost obsluhy, resp. možnosti regulace soustavy [-]

Volí se v rozmezí 0,9 pro kotelnu na pevná paliva až po 1,0 pro plynovou kotelnu.

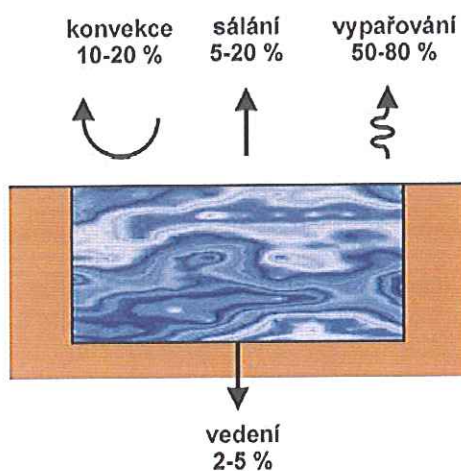
η_l - účinnost rozvodu vytápění [-]

Volí se v rozmezí 0,95 až 0,98 dle provedení.

Plocha kolektoru se opět stanoví jako poměr potřebného tepla k celkovému množství solární energie zachycené plochou 1m^2 v otopném období. [1, 3, 15]

3.3 Dimenzování systému pro ohřev vody v bazénu

Ohřev bazénové vody je energeticky náročný, a proto je zde velmi výhodné použití solárních systémů. Pro venkovní bazény, jsou požadovány poměrně nízké teploty vody, pohybují se mezi 18 a 25°C. Jelikož se u venkovních otevřených bazénů předpokládá sezónní využití, navrhuje se zde sklon kolektorů 15 až 30°. Teplotu bazénové vody není nutné dále zvyšovat, protože bazén přestává být osvěžující, roste tepelná ztráta a spotřeba tepla. U bazénů dochází k tepelným ztrátám z vodní hladiny vlivem sálání, konvekce, vedení a především vypařování. Vedení tepla na hladině nastává, když je voda v bazénu teplejší než vzduch. Konvekce na hladině je značně ovlivněna pohybem vzduchu nad hladinou. Jednotlivé druhy ztrát jsou zobrazeny na obrázku č.3.2.



Obr.č.3.2: Druhy ztrát v bazénu [16]

Při ohřívání vody v bazénech je třeba dodávat teplo:

- pro ohřev čisté přiváděné vody
- pro úhradu tepelné ztráty prostupem stěnami bazénu
- pro tepelné ztráty přestupem z vodní hladiny

Čistá voda slouží jako náhrada ztrát vody všeho druhu, jako je praní filtrů, vystřikání vody ven z bazénu, vynášení na tělech plavců apod. Pro ohřev přiváděné čisté vody by se mělo potřebné teplo získávat z odváděné teplé vody, jedná se o využití odpadního tepla.

Tepelnou ztrátu prostupem stěnami bazénu lze většinou zanedbat, jelikož je její hodnota velmi malá oproti ztrátám přestupem z vodní hladiny.

Vypařování na hladině způsobuje více než 50% celkových tepelných ztrát a je závislé na proudění vzduchu nad hladinou (větrnými podmínkami). Na tyto ztráty připadá nejvyšší podíl spotřeby tepla pro ohřev vody a počítá se ze vztahu:

$$Q_{ztr} = \alpha_{celk} \cdot S \cdot (t_w - t_v) [W], \quad (3.14)$$

kde α_{celk} – celkový součinitel přestupu tepla z vodní hladiny

$$\alpha_{celk} = \alpha_s + \alpha_k + \alpha_v [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] \quad (3.15)$$

α_s – součinitel přestupu tepla sáláním, volí se $5 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$

α_k – součinitel přestupu tepla konvekcí

pro vnitřní kryté bazény: $5 - 8 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$

pro venkovní otevřené bazény: $10 - 15 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$

α_v – součinitel přestupu tepla vypařováním z hladiny bazénu

$$\alpha_v = \frac{\alpha_k}{c_v} \cdot \frac{X_w - X_v}{t_w - t_v} \cdot r [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] \quad (3.16)$$

c_v – měrná tepelná kapacita vzduchu ($c_v = 1010 J/kg \cdot K$)

X_w – měrná vlhkost nasyceného vzduchu při teplotě t_w [kg/kg s. v.]

X_v – měrná vlhkost okolního vzduchu při teplotě t_v a relativní vlhkosti φ_v [kg/kg s. v.]

r – výparné teplo vody ($r = 2,4 \cdot 10^6 J/kg$)

S – plocha vodní hladiny [m^2]

t_w – teplota vody v bazénu [$^{\circ}C$]

t_v – teplota okolního vzduchu [$^{\circ}C$]

Mimo tepelných ztrát dochází v bazénech také k tepelným ziskům:

- sluneční záření - nejvíce přispívá k tepelným ziskům
- teplo předávané plavcem při pobytu ve vodě
- vedení tepla z okolního vzduchu (je-li vzduch teplejší než bazénová voda)

Tepelné ztráty by se měl každý vlastník bazénu snažit minimalizovat. Řešením je zakrývání bazénu, které velmi redukuje ztráty vypařováním a konvekcí na hladině. Oproti nezakrývaným bazénům mohou být tyto ztráty téměř o polovinu menší, to má za následek menší potřebu solárního tepla. Nezakrytá vodní hladina během doby, kdy svítí slunce, představuje sluneční kolektor ve vodorovné poloze. Výpočet energie zachycené osluněnou vodní hladinou je stejný jako u normálních plochých kolektorů, jen je zde stálá účinnost $\eta_k = 0,85$.

Po zjištění všech tepelných ztrát a zisků můžeme dopočítat plochu kolektorů:

$$S_k = \frac{Q_{spotř}}{Q_{k\text{ měs}}} [m^2], \quad (3.17)$$

kde $Q_{spotř}$ - spotřeba tepla dána rozdílem tepelných ztrát a tepelných zisků vodní hladiny
[kWh/m²]
 $Q_{k\text{ měs}}$ - energie zachycená kolektory za měsíc [kWh/m²]
[1, 3]

4 Návrh solárního systému

4.1 Popis objektu

K návrhu solárního systému byl použit jednopodlažní rodinný dům situovaný v obci Tachlovice na okraji hlavního města Prahy, který má půdorysné rozměry 15 x 13 m (195m²). Dům je velikosti 4 + 1, včetně garáže a vyhovuje pro tři až čtyřčlennou rodinu. U objektu je navržen venkovní bazén o rozměrech 5,0m/3,0m/1,6m a objemu 24 m³, který bude přitápěn solárním systémem. Střecha objektu je kryta keramickými pálenými taškami se sklonem 45°. Orientace střechy s kolektory je směrem na jih a v okolí se nevyskytují žádné překážky ani zeleň, která by mohla stínit solární kolektory.

Objekt je novostavbou s kvalitní izolací a celkové tepelné ztráty dle projektu jsou 12 kW.

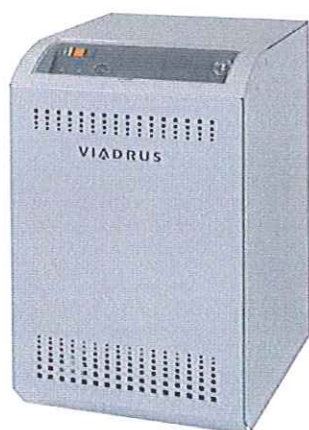
4.2 Popis topného systému

Hlavní část topného systému zde bude sloužit plynový stacionární kotel Viadrus Claudius K2L (bivalentní zdroj energie), který se vyznačuje vysokou životností litinového tělesa, vysokou účinností, volitelnou sadou ekvitermní regulace, přednostním ohřevem teplé vody a možností prostorové regulace. Tento kotel je typově vyhovující pro topnou soustavu s radiátory a podlahovým vytápěním právě pro svou vysokou účinnost.

Radiátory budou tedy od firmy Licon typ Licon OL, které svým vylepšeným designem, dokonalou konstrukcí a jedinečným technickým řešením skompaktní celý interiér. Tyto radiátory jsou navrženy tak, aby pracovaly co nejefektivněji s nízkými přívodními teplotami ze solárního systému a plynového kotle.

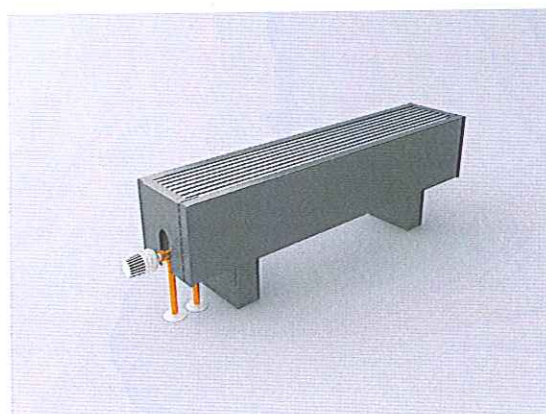
Dále bude v objektu použit kompletní systém pro podlahové vytápění. Typ systémové desky bude R979 od firmy Giacominy, která slouží jako tepelná izolace a zároveň jako nosná konstrukce pro potrubí. Bude zde použita sendvičová trubka R999 Giaco, která v sobě spojuje dobré vlastnosti jak kovových, tak i plastových trubek. Její nespornou výhodou je její pružnost a odolnost. Je navržena pro spolehlivou a rychlou instalaci přívodů k topným tělesům a pro sanitární rozvody.

Kotel:



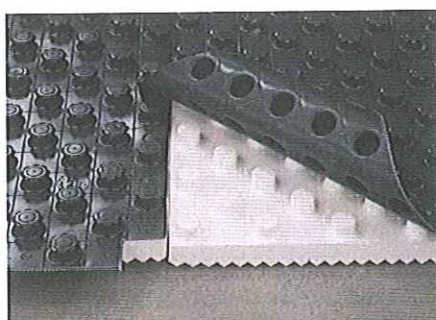
Obr.č.4.1: Kotel Viadrus [16]

Radiátory:



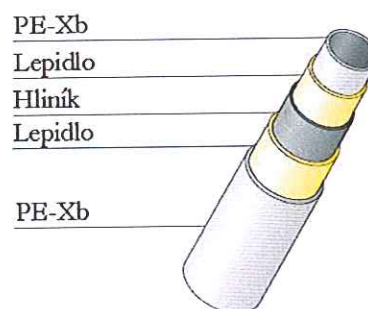
Obr.č.4.2: Topení Licon [17]

Systémová deska:



Obr.č.4.3: Deska Giacominy [18]

Trubka:



Obr.č.4.4: Potrubí Giacominy [19]

4.3 Jednotlivé výpočty ke stanovení spotřeby tepla

4.3.1 Výpočet spotřeby tepla - vytápění objektu

V okolí Prahy byla stanovena délka otopného období na $n = 225$ dní. V objektu byla navržena průměrná výpočtová teplota $t_{is} = 20^{\circ}\text{C}$. Další potřebné koeficienty k výpočtu jsou: $e_i = 0,85$; $e_t = 0,9$; $e_d = 1$; $\eta_0 = 1$; $\eta_r = 0,95$.

Výsledná spotřeba tepla byla vypočtena na základě vzorce (3.11), do kterého bylo dosazovány hodnoty dílčích vztahů (3.12, 3.13) a výše zmíněných koeficientů.

Výpočet spotřeby tepla pro vytápění v měsíci září:

Vstupní hodnoty: $t_{is} = 20^{\circ}\text{C}$; $t_{ev} = -12^{\circ}\text{C}$; $t_a = 11,9^{\circ}\text{C}$; $e_i = 0,85$; $e_t = 0,9$; $e_d = 1$; $\eta_0 = 1$; $\eta_r = 0,95$; $Q_{celkem} = 11\text{kW}$; $n = 6\text{dní}$

Vytápěcí denostupně: $D = 6 \cdot (20 - 11,9) = 48,6 \text{ dny} \cdot \text{K}$

Opravný součinitel: $\varepsilon = \frac{0,85 \cdot 0,9 \cdot 1,0}{1,0 \cdot 0,95} = 0,805$

Spotřeba tepla pro vytápění: $Q_{vyt\ teor} = 24 \cdot 11 \cdot \frac{48,6}{(20+12)} \cdot 0,805 = 322,8 \text{ kWh}$

Výsledná spotřeba tepla pro vytápění v měsíci září je stanovena na **322,8 kWh**.

Spotřeba tepla pro další měsíce v roce jsou znázorněny v tab.č.4.1.

měsíc	n [dny]	t_a [$^{\circ}\text{C}$]	D [dny.K]	$Q_{vyt\ teor}$ [kWh]
září	6	11,9	48,6	322,8
říjen	31	6,9	406,1	2697,0
listopad	30	5,2	444,0	2948,7
prosinec	31	-4,6	762,6	5064,6
leden	31	-4,4	756,4	5023,4
únor	28	-1,3	596,4	3960,8
březen	31	3,6	508,4	3376,4
duben	30	8,9	333,0	2211,5
květen	7	12,1	55,3	367,3
celkem	225 dní		3 910,8 dny.K	25 972,6 kWh

Tab.č.4.1: Spotřeba tepla pro vytápění pro další měsíce v roce

4.3.2 Výpočet spotřeby tepla - ohřev TUV

Při výpočtu spotřeby tepla pro ohřev TUV byla použita kategorie se střední spotřebou, tj. na osobu 45 litrů vody. Objem zásobníku pro TUV by měl být minimálně 2 až 2,5 násobek denní spotřeby domácnosti, tj. pro můj návrh vystačí 500 litrů. Voda pro TUV bude ohřívána na teplotu $t_2 = 60^{\circ}\text{C}$. Vstupní studená voda bude o teplotě $t_1 = 10^{\circ}\text{C}$.

Při střední teplotě $t = \frac{60+10}{2} = 35^{\circ}\text{C}$ je dle chemických tabulek $\rho_w = 993,9\text{kgm}^{-3}$.

Denní spotřeba tepla pro ohřev TUV je poté stanovena dle vzorce (3.2) a přílohy E:

$$Q_{den} = 4182 \cdot 993,9 \cdot 0,5 \cdot (60 - 10) = 103,9 \cdot 10^6 J = \mathbf{28,87 kWh}$$

$$Q_{m\acute{e}s} = 28,87 \cdot 30 = \mathbf{866,1 kWh}$$

Za měsíc září je spotřeba tepla pro ohřev TUV **866,1 kWh**.

Spotřeba tepla v jednotlivých měsících je znázorněna v tab.č.4.2.

<i>měsíc</i>	<i>počet dní v měsíci</i>	<i>Q_{měs} [kWh]</i>
<i>leden</i>	31	895,0
<i>únor</i>	28	808,4
<i>březen</i>	31	895,0
<i>duben</i>	30	866,1
<i>květen</i>	31	895,0
<i>červen</i>	30	866,1
<i>červenec</i>	31	895,0
<i>srpen</i>	31	895,0
<i>září</i>	30	866,1
<i>říjen</i>	31	895,0
<i>listopad</i>	30	866,1
<i>prosinec</i>	31	895,0
<i>celkem</i>	<i>365 dní</i>	<i>10 537,8 kWh</i>

Tab.č.4.2: Spotřeba tepla pro ohřev TUV pro další měsíce v roce

4.3.3 Výpočet spotřeby tepla - venkovní bazén

Ohřev vody pro venkovní bazén se předpokládá pouze v měsících květen až září. Teplota vody byla požadována na minimální hodnotu 21°C v měsících květnu a září, v měsících červen a srpen 23°C a v červenci 25°C. Bazén je o rozměrech 5,0m/3,0m/1,6m, objemu 24 m³ a ploše 15m². Pro minimalizace tepelných ztrát bude ve večerních hodinách od 21:00 do 9:00 zakryt solární bublinkovou plachtou. Při výpočtu spotřeby tepla se počítá pouze s tepelnou ztrátou přestupem z vodní hladiny.

Postup výpočtu spotřeby tepla k úhradě ztrát v měsíci září:

Nejprve byl ze vztahu (3.16) vypočítán součinitel přestupu tepla při vypařování α_v .

$X_w = 0,01833 \text{ kg/kg s. v.}$ při teplotě $t_w = 21^\circ\text{C}$; $X_v = 0,00652 \text{ kg/kg s. v.}$ při teplotě $t_v = 11,9^\circ\text{C}$ a $\varphi_v = 73\%$; $\alpha_k = 10 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$; $r = 2,4 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$; $\alpha_s = 5 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$; $c_v = 1010 \text{ J/kg.K}$

$$\alpha_v = \frac{10}{1010} \cdot \frac{0,01833 - 0,00652}{21 - 11,9} \cdot 2,4 \cdot 10^6 = 30,84 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

Vypočtené hodnoty α_v k jednotlivým měsícům jsou zobrazeny v tab.č.4.3.

měsíc	$t_w [^\circ\text{C}]$	$t_v [^\circ\text{C}]$	$\varphi_v [-]$	$X_w [\frac{\text{kg}}{\text{kg}} \text{ s. v.}]$	$X_v [\frac{\text{kg}}{\text{kg}} \text{ s. v.}]$	$\alpha_v [\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}]$
květen	21	12,1	0,734	0,01833	0,00664	31,21
červen	23	17,3	0,704	0,02057	0,00895	48,44
červenec	25	20,9	0,686	0,02077	0,01095	56,91
srpen	23	17,8	0,693	0,02057	0,00909	52,46
září	21	11,9	0,730	0,01833	0,00652	30,84

Tab.4.3: Hodnoty α_v pro další měsíce v roce

Následně byla vypočtena spotřeba tepla na pokrytí ztrát vypařováním z vodní hladiny pro měsíc září dle vztahu (3.14, 3.15). Výpočet byl rozdělen na dvě části. Na dobu, kdy je bazén odkrytý a kdy je zakrytý. U těchto dob byla upravena průměrná denní teplota. Během dne se předpokládá teplota vyšší o přibližně 4°C a v noci naopak o 4°C nižší než je průměrná teplota.

Výpočet pro zakrytý bazén:

$$\begin{aligned}\alpha_{\text{celk}} &= 5 + 10 = 15 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1} \\ Q_{\text{ztr}} &= 15 \cdot 15 \cdot (21 - 7,9) = 2947,55 \text{ W} \\ Q_{\text{ztr m\acute{e}s}} &= 24 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \cdot 2947,5 = 2122,20 \text{ kWh}\end{aligned}$$

Výpočet pro nezakrytý bazén:

$$\begin{aligned}\alpha_{\text{celk}} &= 5 + 10 + 30,84 = 45,84 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1} \\ Q_{\text{ztr}} &= 45,84 \cdot 15 \cdot (21 - 15,9) = 3506,67 \text{ W} \\ Q_{\text{ztr m\acute{e}s}} &= 24 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \cdot 3506,67 = 2524,80 \text{ kWh}\end{aligned}$$

Vypočtené hodnoty pro ostatní měsíce pro zakrytý bazén jsou uvedeny v následující tab.č.4.4.

měsíc	počet dní	α_{celk} [-]	t_w [°C]	t_v [°C]	$t_w - t_v$ [°C]	Q_{ztr} [W]	Q_{ztr} měs [kWh]
květen	31	15	21	8,1	12,9	2902,50	2159,46
červen	30	15	23	13,3	9,7	2182,50	1571,40
červenec	31	15	25	16,9	8,1	1822,50	1355,94
srpen	31	15	23	13,8	9,2	2070,00	1540,08
září	30	15	21	7,9	13,1	2947,50	2122,20
celkem						11 925 W	8 749,08 kWh

Tab.č.4.4: Hodnoty Q_{ztr} měs pro zakrytý bazén pro další měsíce v roce

Vypočtené hodnoty pro ostatní měsíce pro nezakrytý bazén je uvedeny v následující tab.č.4.5.

měsíc	počet dní	α_{celk} [-]	t_w [°C]	t_v [°C]	$t_w - t_v$ [°C]	Q_{ztr} [W]	Q_{ztr} měs [kWh]
květen	31	46,21	21	16,1	4,9	3396,54	2527,03
červen	30	63,44	23	21,3	1,7	1617,77	1164,79
červenec	31	56,91	25	24,9	0,1	107,87	80,26
srpen	31	67,46	23	21,8	1,2	1214,28	903,42
září	30	45,84	21	15,9	5,1	3506,67	2524,80
celkem						9 843,14 W	7 200,31 kWh

Tab.č.4.5: Hodnoty Q_{ztr} měs pro nezakrytý bazén pro další měsíce v roce

V dalším kroku byly sečteny ztráty vypařováním z vodní hladiny u zakrytého a nezakrytého bazénu. V měsíci září je tento součet (2122,20+2524,80) roven hodnotě 4647,00 kWh. Součet spotřebovaného tepla pro pokrytí ztrát pro ostatní měsíce je zobrazen v tab.č.4.6.

měsíc	Q_{ztr} měs [kWh]
květen	4686,49
červen	2736,19
červenec	1436,20
srpen	2443,50
září	4647,00
celkem	15 949,38 kWh

Tab.č.4.6: Celkové hodnoty Q_{ztr} měs pro bazén pro další měsíce v roce

Dále bylo vypočítáno teplo získané absorpcí na vodní hladině. Účinnost absorpce vodní hladiny je dána stálou hodnotou $\eta_b = 0,85$. Osluněná plocha hladiny vody je pod úhlem 0° a dle tabulek je průměrné množství dopadající energie v září rovno hodnotě $78,4 \text{ kWh/m}^2$. V následující tab.č.4.7. jsou znázorněny hodnoty tepla získané absorpcí na vodní hladině pro ostatní měsíce.

měsíc	Účinnost absorpce vodní hladiny η_b [-]	Průměrná energie dopadající za měsíc při úhlu sklonu osluněné plochy 0° $Q_{b \text{ měs}} [\text{kWh/m}^2]$	Teplo získané absorpcí na vodní hladině za měsíc $S. \eta_b. Q_{b \text{ měs}} [\text{kWh}]$
květen	0,85	132,5	1689,38
červen	0,85	148,4	1892,10
červenec	0,85	142,9	1821,98
srpen	0,85	114,7	1462,43
září	0,85	78,4	999,60

Tab.č.4.7: Hodnoty tepla získané absorpcí na vodní hladině pro ostatní měsíce.

V posledním kroku byla vypočtena potřebná celková spotřeba tepla. Hodnota je dána rozdílem tepelných ztrát a tepelných zisků. V následující tab.č.4.8. je viditelný přebytek energie pouze v měsíci červenci.

měsíc	$Q_{\text{ztráty} - \text{zisky}} [\text{kWh}]$
květen	2997,1
červen	844,1
červenec	-385,8
srpen	981,1
září	3647,4
celkem	8083,9 kWh

Tab.č.4.8: Hodnoty $Q_{\text{ztráty} - \text{zisky}}$ pro další měsíce

4.4 Návrh plochy solárních kolektorů

Dimenzování solárních kolektorů je velmi důležité z hlediska funkčnosti a efektivnosti solárního systému. V rámci dimenzace jsou důležité následující aspekty:

a) Lokalita objektu:

Ve vyšších nadmořských výškách jsou podmínky pro instalaci solárního systému výhodnější z hlediska vyšší intenzity slunečního záření a nižšímu riziku stavu inverze. Zároveň však zde panují celoročně nižší průměrné teploty, které mohou u některých typech

kolektorů snižovat jejich výkon a účinnost. Proto budovy položené ve vysokohorských oblastech mají ideální podmínky pro instalaci vakuového solárního kolektoru na rozdíl od deskových, které se spíše využívají v nižších oblastech, jako je např. Praha či Plzeň.

b) Typ střechy:

U instalace je nutné zohlednit typ krytiny a sklon střechy. U standardní sedlové střechy s klasickou pálenou taškou je možné využít všechny typy solárních kolektorů vč. jejich implementace do střešní krytiny. U střech, které nedisponují ideálním sklonem, je možné tohoto sklonu docílit tzv. přizdvížením resp. nastavením kolektoru profilovou konstrukcí a dosažení tak ideálního sklonu okolo 30-55°. Tento sklon se určuje opět dle typu kolektoru a vzhledem k ročnímu období. V letním období vzhledem k postavení slunce je optimální sklon kolem 30-35°, kdežto v zimním období je sklon vyšší, kvůli zvýšení účinnosti kolektorů.

c) Orientace ke slunci:

Orientace kolektorů ke slunci hraje velmi důležitou roli při příjmu energie ze slunce. Největší výtěžky této energie by byly docíleny, kdyby kolektory sledovaly sluneční dráhu. U mnou použitého kolektoru se však tento princip nenavrhuje, jelikož je poměr mezi náklady a užitkem velmi nevýhodný a v praxi se téměř nedoporučuje. Optimální orientací pro kolektory bez otočného systému je jih. Odchyly k východu, či západu nemají velký vliv.

Dále bylo nutné k výpočtu plochy kolektorů stanovit celkové spotřeby energie. Hodnoty těchto spotřeb jsou znázorněny v tab.č.4.9.

měsíc	TUV [kWh]	vytápění [kWh]	bazén [kWh]	celková spotřeba energie [kWh]
leden	895,0	5023,4	0	5918,4
únor	808,4	3960,8	0	4769,2
březen	895,0	3376,4	0	4271,4
duben	866,1	2211,5	0	3077,6
květen	895,0	367,3	2997,1	4259,3
červen	866,1	0	844,1	1710,2
červenec	895,0	0	-385,8	509,2
srpen	895,0	0	981,1	1876,1
září	866,1	322,8	3647,4	4836,3
říjen	895,0	2697,0	0	3592,0
listopad	866,1	2948,7	0	3814,8
prosinec	895,0	5064,6	0	5959,6

Tab.č.4.9: Přehled spotřeb energie u ohřevu TUV, vytápění a bazénu v jednotlivých měsících

V návrhu plochy solárních kolektorů nebude zohledněna spotřeba energie pro ohřev vody v bazénu. Bazén bude dohříván z přebytků energie.

Postup výpočtu zachycené energie kolektory v měsíci září:

Dle příloh A, B, C, D a technických údajů navržených kolektorů byly stanoveny následující hodnoty: $Q_{s\ den\ teor} = 6,70\ kWh/m^2$; $\tau_{skut} = 190\ h$; $\tau_{teor} = 360\ h$; $\alpha = 0,95$; $k_1 = 3,8\ W/m^2K$; $k_2 = 0,0108\ W/m^2K^2$; $\tau_k = 0,82$

Teoreticky možná doba slunečního svitu byla určena součinem teoreticky možné doby slunečního svitu za den a počtu dní v měsíci září.

$$Q_{s\ m\ es\ teor} = 30 \cdot 6,70 = 201,00\ kWh/m^2$$

Poměrná doba slunečního svitu: $\tau = 190/360 = 0,528$

Skutečné množství energie dopadající na kolektor za měsíc září je dle vztahu (3.4):

$$Q_{s\ m\ es} = 201 \cdot 0,528 = 106,08\ kWh/m^2$$

Pro ostatní měsíce jsou hodnoty v tab.č.4.10.

měsíc	počet dní	Q_s den teor [kWh/m ²]	Q_s měs teor [kWh/m ²]	$\tau_{teor d}$ [hod]	τ_{teor} [hod]	τ_{skut} [hod]	τ_{skut} měs/ τ_{teor} měs [hod]	Q_s měs. [kWh/m ²]
leden	31	3,40	105,40	8,26	256,06	53,00	0,207	21,82
únor	28	4,96	138,88	10,12	283,36	90,00	0,318	44,11
březen	31	6,70	207,70	12,00	372,00	157,00	0,422	87,66
duben	30	8,06	241,80	13,90	417,00	187,00	0,448	108,43
květen	31	9,42	292,02	15,70	486,70	247,00	0,507	148,20
červen	30	9,64	289,20	16,34	490,20	266,00	0,543	156,93
červenec	31	9,42	292,02	15,70	486,70	266,00	0,547	159,60
srpen	31	8,06	249,86	13,90	430,90	238,00	0,552	138,01
září	30	6,70	201,00	12,00	360,00	190,00	0,528	106,08
říjen	31	4,96	153,76	10,12	313,72	117,00	0,373	57,34
listopad	30	3,40	102,00	8,26	247,80	53,00	0,214	21,82
prosinec	31	2,70	83,70	7,85	243,35	35,00	0,144	12,04

Tab.č.4.10: Hodnoty Q_s měs pro další měsíce

Dále byla zde vypočtena hodnota střední intenzity slunečního záření dle vztahu (3.8) a redukovaná teplota dle vztahu (3.7).

$$E_{stř} = 201,00/360 \cdot 1000 = 558,33 \text{ W/m}^2$$

$$x = \frac{65-11,9}{558,33} = 0,1 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

Účinnost kolektoru se pak dopočetla ze vztahu (3.6).

$$\eta_k = 0,95 \cdot 0,82 - 3,8 \cdot 0,08 - 0,0108 \cdot 558,33 \cdot 0,1^2 = 0,36$$

Energie zachycená kolektory je dle vztahu (3.9) následující:

$$Q_k \text{ měs} = 0,36 \cdot 106,08 = 38,30 \text{ kWh/m}^2$$

Hodnoty jednotlivých energetických zisků (Q_k měs) jsou znázorněny v tab.č.4.11.

měsíc	$t_{\text{okolí}}$ [°C]	t_{kolekt} [°C]	$E_{\text{stř}}^{\text{stř}}$ [W/m ²]	x [m ² ·K/W]	α [-]	$Q_s^{\text{més}}$ [kWh/m ²]	η_k [-]	k_1 [W/m ² ·K]	k_2 [W/m ² ·K ²]	τ_k [-]	$Q_k^{\text{més}}$ [kWh/m ²]
leden	-4,4	65	411,62	0,17	0,95	21,82	0,02	3,8	0,0108	0,82	0,18
únor	-1,3	65	490,12	0,14	0,95	44,11	0,17	3,8	0,0108	0,82	7,29
březen	3,6	65	558,33	0,11	0,95	87,66	0,29	3,8	0,0108	0,82	25,06
duben	8,9	65	579,86	0,10	0,95	108,43	0,35	3,8	0,0108	0,82	38,03
květen	12,1	65	600,00	0,09	0,95	148,20	0,39	3,8	0,0108	0,82	58,06
červen	17,3	65	589,96	0,08	0,95	156,93	0,43	3,8	0,0108	0,82	67,23
červenec	20,9	65	600,00	0,07	0,95	159,60	0,46	3,8	0,0108	0,82	73,92
srpen	17,8	65	579,86	0,08	0,95	138,01	0,43	3,8	0,0108	0,82	58,86
září	11,9	65	558,33	0,10	0,95	106,08	0,36	3,8	0,0108	0,82	38,30
říjen	6,9	65	490,12	0,12	0,95	57,34	0,25	3,8	0,0108	0,82	14,43
listopad	5,2	65	411,62	0,15	0,95	21,82	0,13	3,8	0,0108	0,82	2,84
prosinec	-4,6	65	343,95	0,20	0,95	12,04	0,01	3,8	0,0108	0,82	0,06
celkem						1 062,04 kWh/m ²					384,26 kWh/m ²

Tab.č.4.11: Energetické zisky

Jelikož jsou solární kolektory v měsících prosinec a leden s účinností téměř na nule, rozhodl jsem se solární kolektory v těchto měsících nevyužívat. Proto budou vstupní hodnoty pro výpočet plochy kolektoru následující (tab.č.4.12):

<i>měsíc</i>	<i>TUV [kWh]</i>	<i>vytápění [kWh]</i>	<i>Q_k měs [kWh/m²]</i>
<i>únor</i>	808,4	3960,8	7,29
<i>březen</i>	895,0	3376,4	25,06
<i>duben</i>	866,1	2211,5	38,03
<i>květen</i>	895,0	367,3	58,06
<i>červen</i>	866,1	0	67,23
<i>červenec</i>	895,0	0	73,92
<i>srpen</i>	895,0	0	58,86
<i>září</i>	866,1	322,8	38,30
<i>říjen</i>	895,0	2697,0	14,43
<i>listopad</i>	866,1	2948,7	2,84
celkem	8 747,8 kWh	15 884,5 kWh	384,02 kWh

Tab.č.4.12: Hodnoty Q_k měs pro ostatní měsíce

Výsledná plocha kolektorů byla stanovena dle (3.10). Vzhledem k optimalizaci návrhu bylo stanoveno 70% - ní pokrytí spotřeby energie pro ohřev TUV a 15% - ní pokrytí spotřeby energie na vytápění. Tepelné ztráty vedením jsou kryty 10% navýšením celkové spotřeby energie.

$$S_k = \frac{1,1 \cdot (8747,8 \cdot 0,7 + 15884,5 \cdot 0,15)}{384,02} = 24,37 \text{ m}^2$$

Na výslednou plochu bylo navrženo 9 kusů solárních kolektorů RKS500 (á 2,57m²).

4.4.1 Celková energetická bilance

Hodnoty celkové energetické bilance pro systém s celoročním využitím solárních kolektorů (bez měsíců prosinec a leden) jsou znázorněny v tab.č.4.13, 4.14 a následujícím grafu č.4.1.

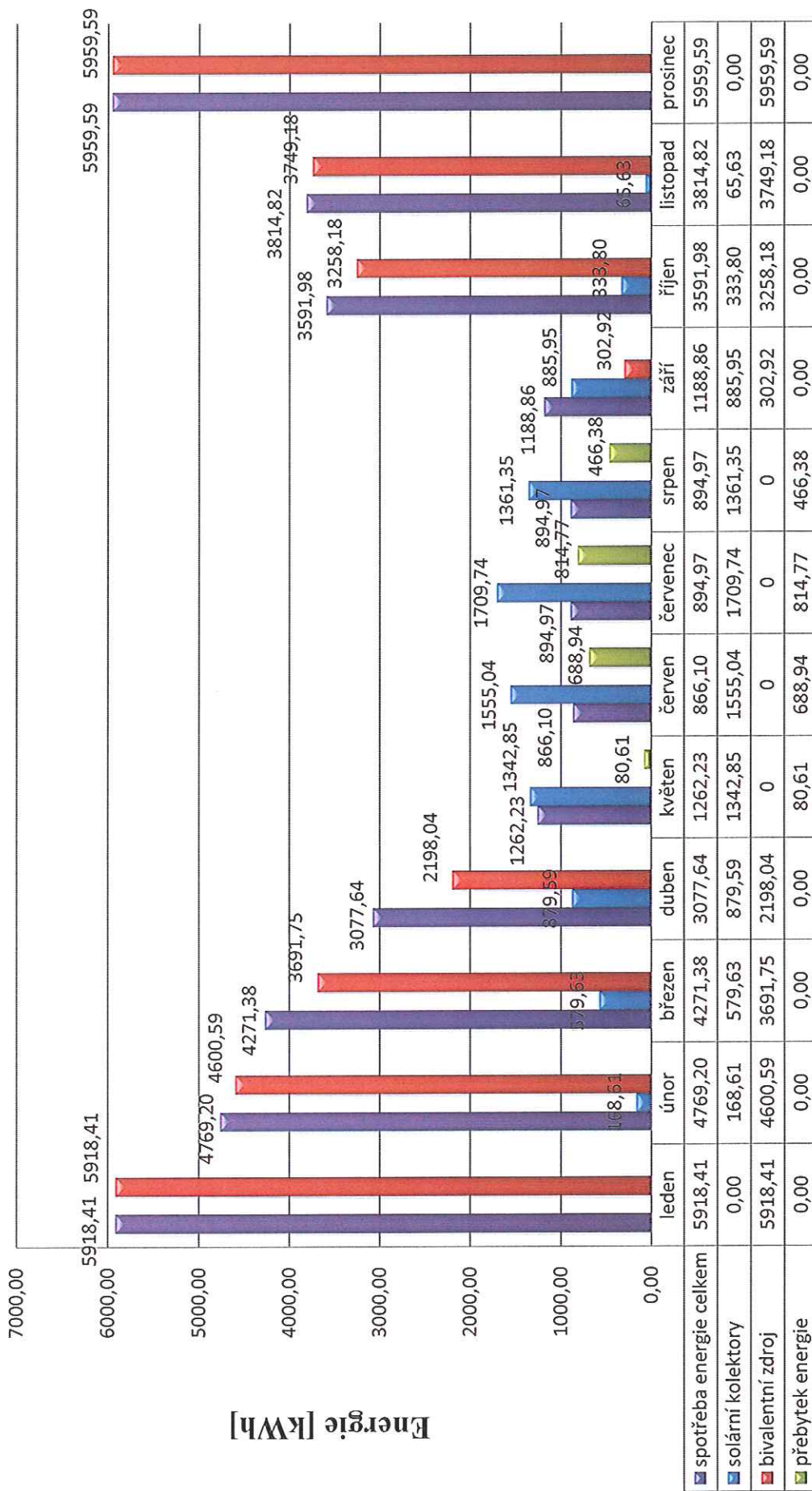
měsíc	spotřeba energie [kWh]	energie zachycená kolektory [kWh]	energie hrazená bivalentním zdrojem [kWh]	přebytek energie [kWh]
leden	5918,41	0,00	5918,41	0,00
únor	4769,20	168,61	4600,59	0,00
březen	4271,38	579,63	3691,75	0,00
duben	3077,64	879,59	2198,04	0,00
květen	1262,23	1342,85	0,00	-80,61
červen	866,10	1555,04	0,00	-688,94
červenec	894,97	1709,74	0,00	-814,77
srpen	894,97	1361,35	0,00	-466,38
září	1188,86	885,95	302,92	0,00
říjen	3591,98	333,80	3258,18	0,00
listopad	3814,82	65,63	3749,18	0,00
prosinec	5959,59	0,00	5959,59	0,00
celkem	36510,15	8882,20	29678,66	-2050,71

Tab.č.4.13: Energetická bilance

	celková energie zachycená kolektory [kWh]	celková energie hrazená bivalentním zdrojem [kWh]
celkem	8882,20	29678,66
%	23%	77,00%

Tab.č.4.14: Celkové vyhodnocení

Celková energetická bilance



Graf.č.4.1: Celková energetická bilance

Energie získaná ze solárních kolektorů pokrývá prioritně potřebu pro ohřev TUV v rodinném domě. Dále bude systém nastaven tak, že v letním období bude bazén přehříván přebytky solární energie, zatímco v zimě se bude přehřívát voda na vytápění.

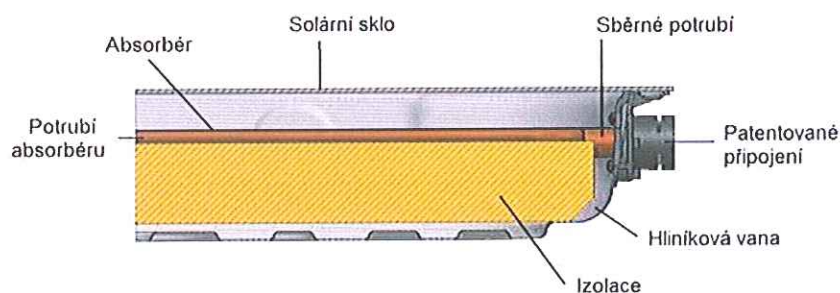
V období nedostatku solární energie nebude bazén kryt bivalentním zdrojem.

5 Navržený solární systém a jeho parametry

Pro objekt byl navržen solární systém od firmy Solarpower CZ. Systém obsahuje následující prvky:

- Solární kolektory SKR500
- Nosná konstrukce SSP/DBP
- Akumulační nádrž PSR1000E
- Solární čerpadlová jednotka s řídicím systémem PSKR18HE
- Modul čerstvé vody FWM30i
- Expanzomat AG50S
- Nemrznoucí kapalina FS
- Nerezové potrubí
- Odvzdušňovací ventil kolektoru
- Přechody, fitinky a další příslušenství

1) SOLÁRNÍ KOLEKTOR SKR500 (9 kusů)



Přednosti kolektoru SKR500:

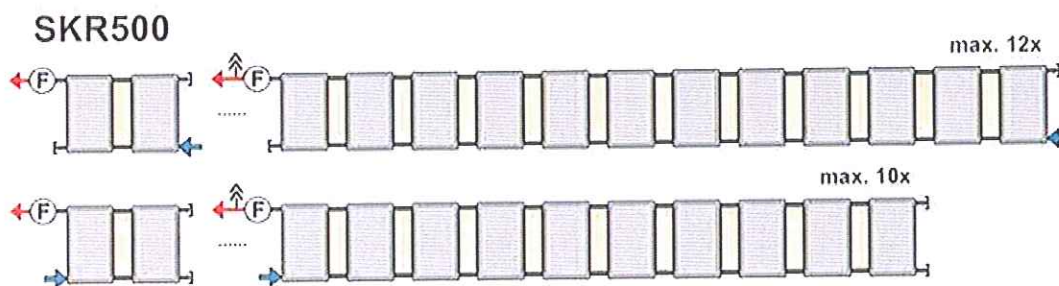
- Jedinečný, bezrámový design
- Jednoduchý montážní systém - montáž jen pomocí běžného náradí
- Vyšší hodnota výkonu
- Díky samočinnému vyprazdňování má kolektor excelentní stagnační chování
- Montážní systémy pro všechny oblasti použití

Technické údaje kolektoru SKR500:

Technická data	SKR500
Plocha kolektoru	2,57 m ²
Rozměry	2079/1240/95 mm
Hmotnost	38 kg
Objem kapaliny	1,45 l
Připojovací šroubení	Měď 18 mm
Absorbér	hliníkový celoplošný, vysoce selektivní, vakuově nanášený
Hydraulické zapojení	meandr
Pohltivost	95 %
Emisivita	5 %
Plášť kolektoru	hliníková vana
Tepelná izolace	50 mm minerální vaty
Krycí sklo	3,2 mm kalené solární bezpečnostní sklo
Optická účinnost	0,82 bórsilikátové
Lineární součinitel kol. a1	3,821
Kvadratický součinitel kol. a2	0,0108
Korekční faktor K50	0,95
Max. pracovní tlak	10 bar
Doporučený průtok	10- 35 l/m ² h
Min. sklon kolektorů	15°
Max. sklon kolektorů	75°

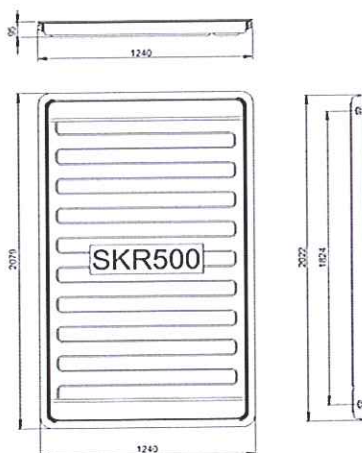
Tab.č.5.1: Technické údaje kolektoru SKR500 [20]

Počet kolektorů připojených do kolektorového pole je znázorněno na obr.č.5.2.



Obr.č.5.2:Kolektorové pole [20]

Rozměry kolektoru SKR500:



Obr.č.5.3: Rozměry kolektoru SKR500 [20]

2) Akumulační nádrž PSR1000E

Nádrž PSRE je navržena pro akumulaci tepla. Voda v nádrži se ohřívá pomocí solárních kolektorů přes integrovaný trubkový výměník tepla. Další možnost je pomocí dalšího kotle nebo pomocí elektrické topné patrony.

Technické údaje akumulace nádrže PSR1000E:

Technická data	PSR1000E
Čistý objem	920 l
Průměr s izolací	990 mm
Průměr bez izolace	790 mm
Výška s izolací	2135 mm
Výška bez izolace	2038 mm
Sklopný rozměr bez izolace	2080 mm
Hmotnost	150 kg
Max. pracovní tlak topného okruhu	3 bar
Max. pracovní teplota topného okruhu	95°C
Max. pracovní teplota solárního okruhu	110 °C
Teplosměnná plocha solárního výměníku	3 m ²
Objem solárního výměníku	20 l
EL - Odvzdušnění	1/2 '' 1780 / nahoře
Tepelná ztráta podle DIN 4753/8	3,9 kWh/d
Tepelná ztráta podle EN12977	3,59 kWh/d



Tab.č.5.2: Technické údaje akumulace nádrže PSR1000E [20]

3) Solární čerpadlová jednotka PSKR18HE:

Solární čerpadlovou jednotku PSKR18 je možné použít pro připojení až 25 m² kolektorové plochy. Jednotka obsahuje efektivní, vysoce účinné solární čerpadlo, které zajišťuje až o 80% nižší spotřebu energie. Další součásti jednotky jsou: kulové ventily, zpětná klapka, pojistný ventil (6 bar), dva teploměry, průtokoměr, manometr, gravitační brzda, regulace SKSC2, cap ventil a plnicí armatura.



Obr.č.5.5: Čerpadlo[20]

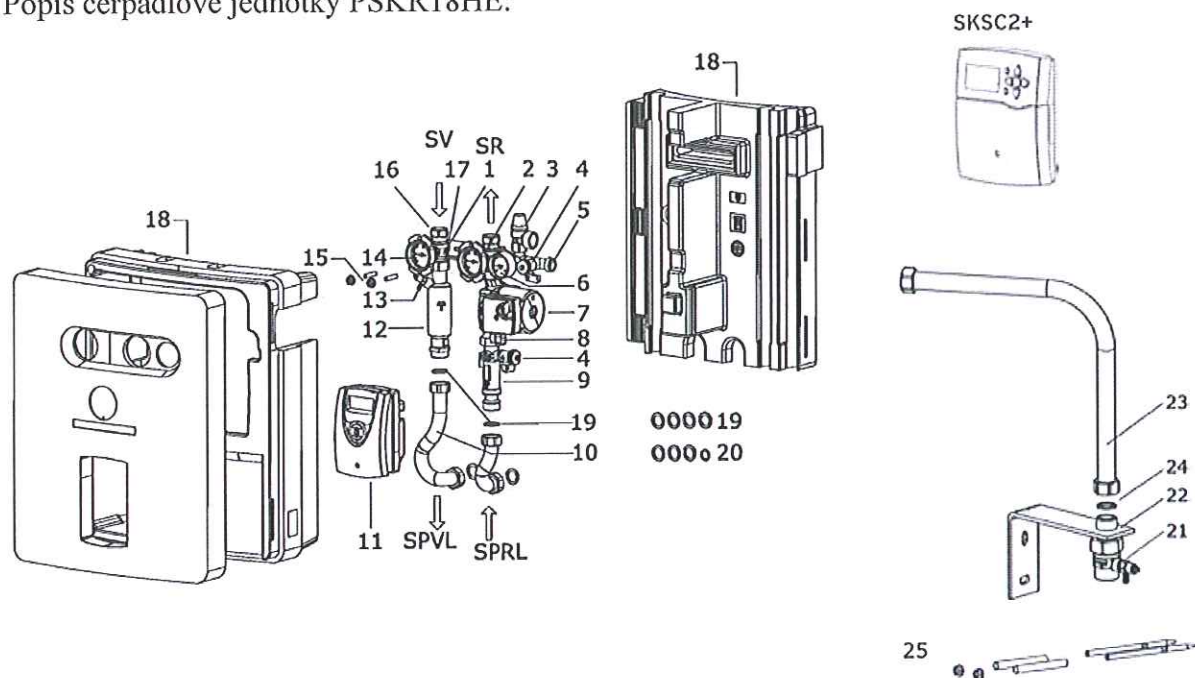
- Přednosti:
- velká účinnost čerpadla
 - velký provozní rozsah
 - nízké náklady na montáž díky " Plug & Flow " instalaci komponentů
 - kompaktní, moderní design
 - splňuje s předstihem normy o energetické účinnosti 2013 až 2015

Technické údaje čerpadlové jednotky PSKR18HE:

Technická data	PSKR18
Max. plocha kolektorů	25m ²
Rozměry	570/465/275mm
čerpadlo	PM2 -15-105 130 9H
Regulace	SKSC2
Připojení kolektory	Svěrné šroubení průměr 22 mm
Připojení nádrž	Vnější závit G1", těsnění
Provozní kapalina	Voda s max. 50% propylenglykolu
Gravitační brzda	20 mbar
Provozní teplota - teplá větev	140°C
Průtokoměr	1-13l/min
Napájení	230V, 50Hz
Příkon, čerpadlo PM2 15-105	Max 70W
Provozní teplota - studená větev	110°C
Max. provozní tlak	6 bar
Těsnění	EPDM/AFM 34
Šroubení	CW 617 (2,0401)
Izolace	EPP pěna

Tab.č.5.3: Technické údaje čerpadlové jednotky PSKR18HE [20]

Popis čerpadlové jednotky PSKR18HE:

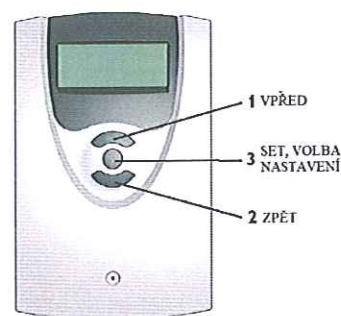


Obr.č.5.6: Popis čerpadlové jednotky PSKR18HE [20]

- | | |
|---|---------------------------------|
| 1. HVL Kulový ventil s integrovanou gravitační brzdou | 15. Uchycení k nádrži |
| 2. HRL Kulový ventil s integrovanou gravitační brzdou | 16. Svěrné šroubení Ø 22 mm |
| 3. Solární pojistný ventil, 6 bar | 17. SV: solár vstup |
| 4. Plnicí a vypouštěcí ventil | 18. SR: solár vrat |
| 5. Připojení expanzomatu | 19. Pružina (2 díly) |
| 6. Manometr | 20. Tepelná izolace (kryt) |
| 7. Solární čerpadlo PM2 15-105, 130 9H | 21. Těsnění 1" (4 kusy) |
| 8. Kabel čerpadla PR61C 2,7 m | 22. Těsnění 3x1", 1x3/4" PSKR18 |
| 9. Průtokoměr 1-13 l/min | 23. Připojení expanzomatu DN20 |
| 10. Set pro připojení nádrže | 24. Držák |
| 11. Řídicí systém SKSC2 | 25. Potrubí k expanzomatu |
| 12. Separátor vzduchu | 26. Těsnění |
| 13. Odvzdušňovací ventil | 27. Set pro montáž na zeď |
| 14. Teploměr | 28. SPVL: vstup do nádrže |
| | 29. PSRL: vrat z nádrže |

4) Řídicí jednotka SKSC2:

Je určena k řízení solárních systémů a jejich kombinací s klasickými ohřevy. Má 2 výstupy (max. zatížení 4 A) a 4 vstupy čidel teploty Pt1000. Všechny řídicí systémy mají nastavitelné teplotní diference, minimální a maximální hranice teplot, nastavitelné havarijní teploty, odpojení při maximální teplotě, přednostní funkce, počítadlo provozních hodin, měření výkonu, ruční nebo automatické přepínání výstupů.



Obr.č.5.7: Regulační jednotka SKSC2 [20]

Technické údaje řídicí jednotky SKSC2:

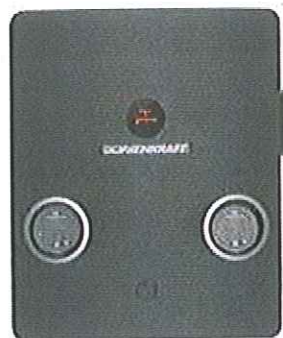
Výška:	172 mm
Šířka:	110mm
Hloubka:	46 mm
Provozní teplota:	0 - +40°C
Vstupy:	4 čidla teploty Pt1000
výstupy:	2 polovodičové výstupy
Napájení:	210 – 250 V AC
Odběr:	cca 2 VA
Max. spín. proud:	4A
Instalace:	na stěnu, na izolaci nádrže
Ovládání:	tři tlačítka na přední straně krytu
Zobrazení:	LCD display

Tab.č.5.4: Technické údaje řídicí jednotky SKSC2 [20]

5) Modul čerstvé vody FWM30i - CU

Modul čerstvé vody FWM30i má inteligentní řízení, vysoce efektivní čerpadla a pracuje s jakýmkoliv typem tvrdé vody. Teplá voda je vždy čerstvá, hygienicky nezávadná a v množství, které odpovídá aktuální potřebě. Obsahuje deskový výměník tepla, který je pro normální vodu pájený mědí a pro velmi tvrdou vodu pájený nerezí. Inteligentní řízení průtoku

zajišťuje odolnost vůči korozi a zabraňuje usazování vodního kamene. Dále modul obsahuje také vysoce efektivní čerpadlo, které je mozkiem celého modulu.



Obr.č.5.8: Modul čerstvé vody FWM30i [20]

Technické údaje modulu čerstvé vody FWM30i:

Šířka:	465 mm
Výška:	568 mm
Hloubka:	312 mm
Hmotnost	15,7 kg
Průtok	2-30l/min
Teplotní rozsah	30-60(70)°C
Maximální teplota v zásobníku	95°C
Maximální tlak v zásobníku	3 bar
Maximální přípustná teplota teplé vody	60(70)°C
Minimální tlak studené vody	2 bar
Maximální tlak studené vody	10 bar

Tab.č.5.5: Technické údaje modulu čerstvé vody FWM30i [20]

6) Expanzomat AG50S

Pomocí expanzomatu se zachycují změny objemu vody v systému (zabraňuje se tím zvyšování tlaku). Expanzomat udržuje přetlak v soustavě v požadovaných mezích. Je to vlastně mnohostranně použitelná nádrž v topných a solárních soustavách a rozvodech chladicí vody.



Technické údaje:

- Objem 50 l
- přetlak 2,5 bar
- připojení 1“ AG
- max. provozní tlak 10 bar
- max. provozní teplota 99°C

Obr.č.5.9: Expanzomat AG50S [20]

7) Nemrznoucí kapalina FS:

Nemrznoucí kapalina FS je koncentrát navržený přímo pro ploché kolektory. Obsahuje propylenglykol, což je ekologický a biologicky rozložitelný materiál, který chrání kolektor před korozi. Ředí se v poměru 1:1 s vodou (směs je vhodná k použití do teploty -32°C). Balení obsahuje 10 l kapaliny.

V systému bude použito 9 solárních kolektorů a tomuto počtu odpovídá cca 60 l nemrznoucí kapaliny.



Obr.č.5.10: Kapalina FS [20]

8) Nerezové potrubí

Ohebné nerezové trubky od firmy SOLAR POWER CZ, s.r.o. je možné použít pro vnitřní i venkovní rozvody plyných a kapalných médií. Dále je toto potrubí zvláště vhodné pro připojování bojlerů, kotlů, klimatizačních a solárních systémů, tepelných čerpadel atd. Trubky jsou vyrobeny z kvalitní nerezové oceli AISI 316 L.

V systému bude použito potrubí DN 20 a DN16 s 16mm tepelnou izolací do 180°C. Tab.č.5.6 popisuje rozměry použitého potrubí.

DN	TYP	Vnější průměr [mm]	Vnitřní průměr [mm]
16	SW	16,5	21,4
20	SW	20,5	26,7

Tab.č.5.6: Rozměry potrubí DN16 a DN20



Obr.č.5.11: Potrubí DN [20]

9) Elektrická patrona EHP6

Závitové topné články typové řady EHP jsou konstruované pro přídavný ohřev vody v uzavřených zásobnících. Při použití elektrického závitového topného článku na základní ohřev tvrdé vody při teplotách nad 65 °C se musí počítat s čištěním článku (odstraňováním vodního kamene) v pravidelných časových intervalech. Proto je nutné použití elektronického odstraňovače vodního kamene.



Obr.č.5.12: El. Patrona EHP6 [20]

10) Deskový výměník pro bazén SBPWT20

Pro co nejvyšší účinnost těchto výměníků je nezbytné, aby teplota ve vratné větvi byla co nejnižší. Proto se zde používají deskové výměníky s velkou termickou délkou. K letování desky výměníků je použita tvrdá pájka podle normy DIN 4753. Výměníky jsou dimenzovány tak, aby i při maximálním slunečním záření byly schopny přenést výkon kolektorů. Pro správnou funkčnost je potřeba dodržet protiproudé zapojení výměníku.

Technické údaje výměníku SBPWT20:

Výška:	337 mm
Šířka:	117 mm
Hloubka:	110 mm
Max. plocha kolektorů:	20 m ²
Připojení - primár:	2 x 1" AG
Připojení - sekundár:	2 x 5/4" AG
Materiál desek:	AISI 316
Maximální pracovní teplota:	180 °C
Maximální pracovní tlak:	16 bar
Hmotnost:	7,5 Kg



Tab.č.5.7: Technické údaje výměníku SBPWT20 [20] Obr.č.5.13: Výměník SBPWT20 [20]

Schéma zapojení solárního systému je znázorněno v příloze F.

6 Zhodnocení

6.1 Ekonomické hledisko

Tento solární systém je navržen tak, aby pokrýval energetickou spotřebu. Základem hodnocení solárního systému ekonomického hlediska jsou náklady spojené s instalací systému, které jsou uvedeny v následující tabulce č.6.1. Firma Solarpower nabízí již sestavené systémy za výhodnější ceny. Následující tabulka vychází ze setu FWM1000. Chybějící komponenty jsou jednotlivě dopočteny.

produkt	model	počet [ks]	cena [Kč]
Solární kolektor (2,57 m ²)	SKR500	9	126200
Nosná konstrukce kolektorů	SSP/DBP	9	11250
Akumulační nádrž 1000 litrů	PSR1000E	1	48000
Solární čerpadlová jednotka	PSKR18	1	16225
Modul čerstvé vody	FWM30i	1	38700
Expanzomat	AG50S	1	4300
Nemrznoucí kapalina - koncentrát	FS	60 l	4450
Nerezové potrubí	DN20	25 m	5000
Nerezové potrubí	DN16	2 m	340
Vysokoteplotná izolace AEROFLEX	AERO 28/13	25 m	3750
Deskový výměník	SBPWT20	1	16075
Armatury, šroubení, fitinky	-	-	7380
Elektrická patrona	EHP6	1	7700
Montáž	-	-	19000
Tlaková zkouška	-	-	1500
Cena celkem			309 870 Kč

Tab.6.1: Přehled nákladů na solární systém v Kč

Celková cena investice do solárního systému je tedy **309 870 Kč**. V dnešní době už ministerstvo životního prostředí neuděluje státní dotace na solární systémy, protože v minulých letech, po zavedení těchto dotací razantně stoupl počet instalovaných systémů a stát tedy velmi brzy vyčerpal peněžní prostředky, které na tyto účely měl k dispozici.

Pokud budeme teoreticky uvažovat, že bychom dotaci v dnešní době dostaly, investice do solárního systému by se snížila až o 60 000 Kč. Samozřejmě by systém musel splňovat určité požadavky a k žádosti o dotaci by bylo nutné předložit odborný posudek zpracovaný ve smyslu § 4 odst. 3 zákona ČNR č. 388/1991 sb. provedený autorizovanou osobou.

6.2 Návratnost solárního systému

Dle výpočtu návratnosti zjistíme, zda instalace solárního systému je pro nás výhodná nebo ne a kolik ročně ušetříme na nákladech na vytápění, ohřevu TUV a dohřívání bazénu. Při výpočtu se neuvažuje inflace. Výpočet návratnosti T se provádí dle následujícího vzorce:

$$T = \frac{N_i + (T_z \cdot N_p)}{c \cdot E_{sol}}, \quad (3.17)$$

kde N_i – počáteční investiční náklady [Kč]

T_z – doba životnosti panelů [roky]

N_p – roční provozní náklady [Kč/rok]

c – momentální cena energie [Kč/kWh]

E_{sol} – celkové množství vyrobené energie [kWh/rok]

Hodnoty pro výpočet:

$N_i = 309\,870$ Kč; $T_z = 30$ let; $N_p =$; $c = 1,55$ Kč/kWh; $E_{sol} = 8882,2$ kWh/rok;

$N_p = 2000$ Kč

$$T_s = \frac{309870 + (30 \cdot 2000)}{1,55 \cdot 8882,2} = 26,9 \text{ let}$$

Navržený systém se při stávající ceně plynu vrátí za 26,9 let a poté se ročně ušetří 13 767, 4 Kč. Samozřejmě se předpokládá zvyšující se cena plynu, proto se návratnost bude časem snižovat.

6.3 Energetické hledisko

Z energetického hlediska jsem se zaměřil na porovnání nákladů na vytápění různými druhy paliv. Ceník paliv je platný k 1.1.2012.

Náklady na roční provoz bez a s navrženým systémem:

Celková spotřeba = 36510 kWh; Energie hrazená bivalentním zdrojem = 29678,7 kWh;

Nájem za plynoměr = 187 Kč/měsíc

Roční náklady: $N_{\text{rok}} = 36510 \cdot 1,55 + 12 \cdot 187 = 56590,5 + 2244 = \mathbf{58834,9 \text{ Kč (bez NS)}}$

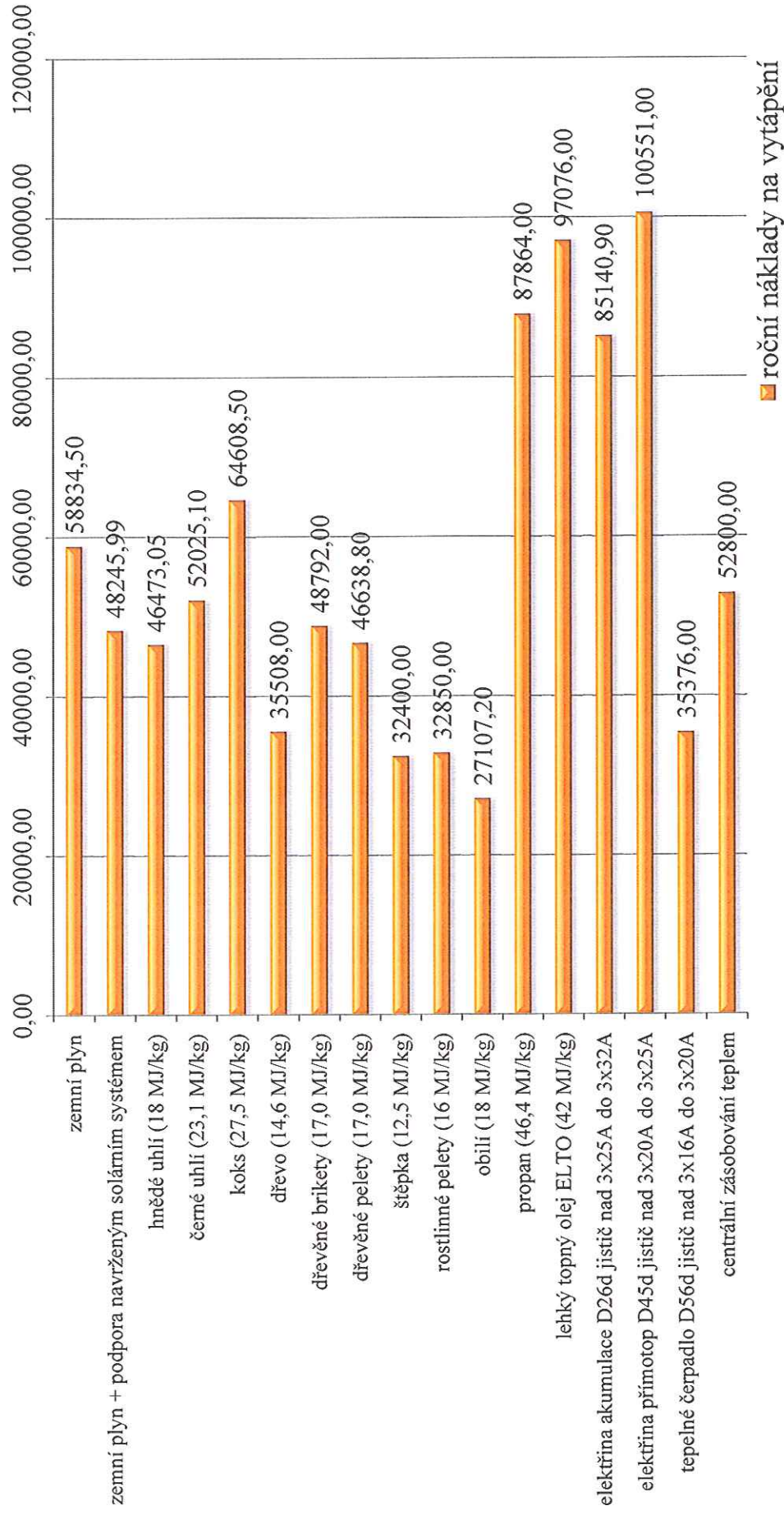
$N_{\text{rok}} = 29678,7 \cdot 1,55 + 12 \cdot 187 = 46002 + 2244 = \mathbf{48246 \text{ Kč (s NS)}}$

Roční náklady na vytápění vyšli s použitím navrženého systému na **48 246 Kč**.
Srovnání jednotlivých druhů paliv je znázorněno v následující tabulce č.6.2 a grafu č.6.1.

druh paliva	cena paliva	spalovací zařízení (průměrná účinnost v %)	spotřeba paliva za rok	náklady na vytápění za rok
zemní plyn	187 Kč/měsíc + 1,55 Kč/kWh	kondenzační kotel (102%)	36510 kWh	58 834,50 Kč
zemní plyn + podpora navrženým solárním systémem	187 Kč/měsíc + 1,55 Kč/kWh	kondenzační kotel (102%)	29678,7 kWh	48 245,99 Kč
porovnání s ostatními druhy paliv				
hnědé uhlí (18 MJ/kg)	3,55 Kč/kg	klasický kotel (55%)	13091 kg	46 473,05 Kč
černé uhlí (23,1 MJ/kg)	5,10 Kč/kg	klasický kotel (55%)	10201 kg	52 025,10 Kč
koks (27,5 MJ/kg)	8,50 Kč/kg	klasický kotel na koks (62%)	7601 kg	64 608,50 Kč
dřevo (14,6 MJ/kg)	3,0 Kč/kg	kotel na zplynování dřeva (75%)	11836 kg	35 508,00 Kč
dřevěné brikety (17,0 MJ/kg)	4,80 Kč/kg	kotel na zplynování dřeva (75%)	10165 kg	48 792,00 Kč
dřevěné pelety (17,0 MJ/kg)	5,20 Kč/kg	kotel na dřevěné pelety (85%)	8969 kg	46 638,80 Kč
štěpka (12,5 MJ/kg)	2,50 Kč/kg	kotel na štěpku (80%)	12960 kg	32 400,00 Kč
rostlinné pelety (16 MJ/kg)	3,65 Kč/kg	kotel na rostlinné pelety (90%)	9000 kg	32 850,00 Kč
obilí (18 MJ/kg)	3,20 Kč/kg	automatický kotel (85%)	8471 kg	27 107,20 Kč
propan (46,4 MJ/kg)	28,0 Kč/kg	kotel běžný (89%)	3138 kg	87 864,00 Kč
lehký topný olej ELTO (42 MJ/kg)	28,0 Kč/kg	kotel na lehký topný olej (89%)	3467 kg	97 076,00 Kč
elektrina akumulace D26d jistič nad 3x25A do 3x32A	417,6 Kč/měsíc + 2,07 Kč/kWh	akumulační nádrž (93%)	38710 kWh	85 140,90 Kč
elektrina přímotop D45d jistič nad 3x20A do 3x25A	420 Kč/měsíc + 2,6 Kč/kWh	přímotopné panely (98%)	36735 kWh	100 551,00 Kč
tepelné čerpadlo D56d jistič nad 3x16A do 3x20A	348 Kč/měsíc + 2,6 Kč/kWh	topný faktor 3	12000 kWh	35 376,00 Kč
centrální zásobování teplem	400 Kč/GJ	účinnost 98%	132 GJ	52 800,00 Kč

Tab.č.6.2: Roční náklady na vytápění pro různé druhy paliv

Roční náklady na vytápění v Kč



Graf.č.6.1: Grafické znázornění ročních nákladů na vytápění pro různé druhy paliv

6.4 Environmentální hledisko

Z ekologického hlediska solární systém v kombinaci s plynovým kotlem téměř nezatežuje životní prostředí, oproti jiným druhům paliv jako je např. uhlí, dřevo, topný olej. Samozřejmě se bere v potaz také energetická amortizace neboli energetická návratnost.

V praxi je občas zmiňováno, že solární systémy během své životnosti nevyprodukují tolik energie, pomocí které byly vyrobeny. Samozřejmě to není pravda. V následující tabulce č.6.3 jsou znázorněny hodnoty pro výrobu několika částí solárního systému.

materiál	tepelný zásobník		potrubní systém			čerpadlo	
	potřeba energie	množství materiálu	potřeba energie	množství materiálu	potřeba energie	množství materiálu	potřeba energie
	[kWh/kg]	[kWh/kg]	[kWh/kg]	[kWh/kg]	[kWh/kg]	[kWh/kg]	[kWh/kg]
ocel	7,0	121,3	849,1	0,1	0,9	3,6	25,2
měď	12,5	15,0	184,5	14,4	180,0	0,8	9,8
polyuretan	29,1	14,0	407,2	1,0	30,3	-	-
propylenglykol	25,3	-	-	6,8	172,0	-	-
mosaz	18,8	-	-	1,6	30,1	-	-
PVC	19,7	-	-	-	-	0,3	5,9
hliník	41,3	-	-	-	-	0,1	4,1
celkem		150,3	1440,8	23,9	413,3	4,8	44,0

Tab.č.6.3: Množství energie a použitého materiálu na výrobu produktů

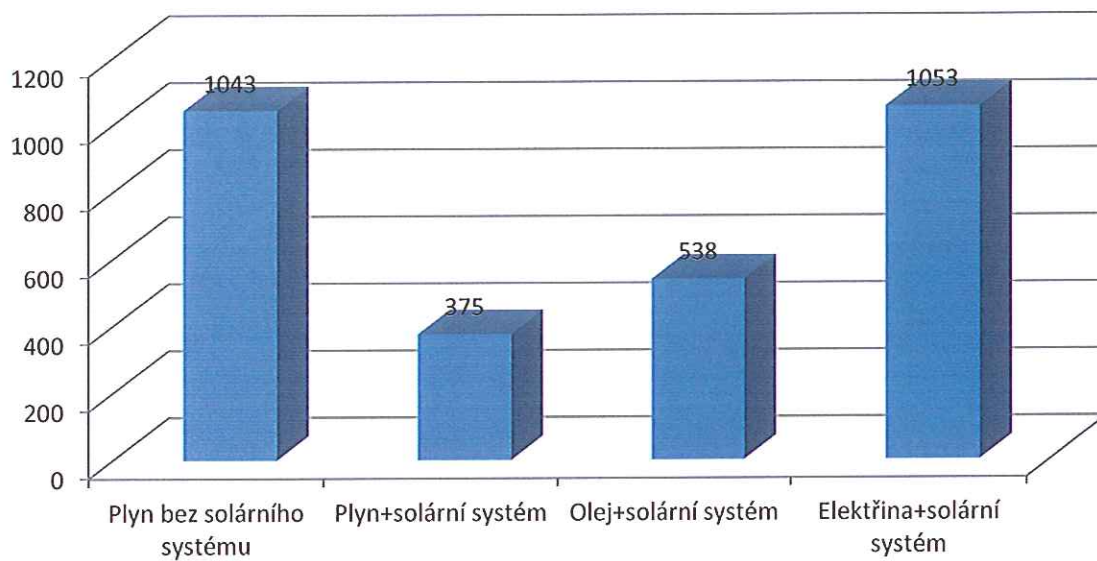
V následující tabulce č.6.4 jsou znázorněny hodnoty emisí při spalování různých druhů paliv.

zdroj energie	emise/škodliviny v g/kWh							
	CO ₂	CO	prach	NO _x	SO ₂	CH ₄	NMVOC	N ₂ M
el. Proud	603	0,4	0,006	0,56	0,43	1,4	0,03	0,02
zemní olej	219	0,16	0,004	0,18	0,007	1,1	0,04	0,004
topný olej	295	0,15	0,02	0,21	0,45	0,08	0,09	0,04

Tab.č.6.4: Emise při spalování různých druhů nosičů energie

Solární systém, jakožto pomocný zdroj pro podporu vytápění pokryje určité procento spotřeby energie, proto musí být jasné, že se sníží množství emisí vyprodukované primárním zdrojem energie. Graf.č.6.2 tento pokles znázorňuje.

Množství CO₂/rok



Graf.č.6.2: Množství vyprodukovaného CO₂ za rok

7 Závěr

V dnešní době se solární energie považuje za velmi ekologický zdroj energie. Předpokládá se, že v budoucnu bude lidstvo stále více využívat solární energii, protože se jedná o trvalý druh energie. Nejedná se tedy o neobnovitelný zdroj energie, jako je např. uhlí či plyn. Využívání solární energie má oproti ostatním zdrojům energie několik výhod avšak také pár nevýhod.

Funkce Slunce, jakožto zdroje této energie, se podle expertů dlouhou dobu měnit nebude, proto s tímto zdrojem energie můžeme do budoucna počítat. Další výhodou je cena solární energie. Na rozdíl od plynu či uhlí je energie ze slunce zdarma a má k ní přístup každý. Odpadají také poplatky za dovoz, neboť sluneční energie je všude na Zemi. Samozřejmě se hodnota této energie mění se zeměpisnou polohou. V Oblastech kolem rovníku je tato hodnota nejvyšší. Dále je výhodou snadná přeměna solární energie na jiné druhy energie (mechanickou, elektrickou). Musím však zmínit také jistou nevýhodu, což je její proměnlivost. Z tohoto důvodu se musí solární systém používat spolu s jiným zdrojem energie - bivalentním zdrojem. Nemůžeme uvažovat stoprocentní pokrytí spotřeby jen solárním systémem. Teoreticky by to bylo možné při ideálních slunečních podmínkách, a to v naší zeměpisné poloze nikdy nenastane. Vzhledem k tomuto faktu se solární systémy využívají jen jako pomocný zdroj energie. Další nevýhodou je akumulace tepla. Problém je, že získanou energii nemůžeme použít pro pozdější potřebu, jelikož se nastřádaná teplá voda časem ochladí.

V poslední době, kdy stát přestal vyplácet dotace na solární systémy, se jejich instalace poměrně snížila. Jak je vidět v mém výpočtu návratnosti investice, se tato doba bez státní dotace pohybuje kolem 26 let, za předpokladu, že životnost systému je 30 let. Pokud bychom brali v potaz dotaci ve výši 60000 Kč, návratnost by se snížila o necelé 4 roky.

Jelikož však ceny neobnovitelných zdrojů energie v budoucnu stále porostou, můžeme tedy počítat s tím, že se doba návratnosti těchto systému výrazně sníží. Proto si myslím, že lidé budou tyto i další obnovitelné zdroje energie v budoucnu dosti využívat.

8 Použitá literatura

- [1] Cihelka J., *Sluneční vytápěcí systémy*, SNTL - technická literatura, Praha 1984.
- [2] Themessl, Weiss, *Solární systémy, návrhy a stavba svépomocí*, Grada publishing 2005, ISBN 80-247-0589-3.
- [3] Ladener H., Spate F., *Solární zařízení*, Grada publishing, 2003, ISBN 80-247-0362-9
- [4] *Ústav fyziky a materiálového inženýrství* [online]. c2009, [cit. 2012-02-10]. Dostupné z WWW: <http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_13.pdf>
- [5] *Regulus* [online]. c2010 - 2012, [cit. 2012-02-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.regulus.cz/cz/trubicove-kolektory>>
- [6] *Wikipedie* [online]. 2002, [cit. 2012-02-10]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Slunce>>
- [7] *Astronomia* [online]. 2012, [cit. 2012-02-11]. Dostupné z WWW: <<http://planety.astro.cz/soustava/1864-slunecni-soustava>>
- [8] *Czechsolar* [online]. 2006, [cit. 2012-02-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.czechsolar.cz/fotovoltaika/princip-fungovani/>>
- [9] *Wikipedie* [online]. 2002, [cit. 2012-02-11]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Slune%C4%8Dn%C3%AD_energie>
- [10] *Institut geologického inženýrství* [online]. [cit. 2012-02-20]. Dostupné z WWW: <<http://geologie.vsb.cz/jelinek/tc-atmosfera.htm>>
- [11] *Powertank.cz* [online]. 2011, [cit. 2012-03-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.ceska-solarni.cz/powertank/popis-systemu.php>>
- [12] *Solar Collectors* [online]. c2008 - 2012, [cit. 2012-03-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.solarkolektor.cz/solarni-kolektory>>
- [13] *TZB-info* [online]. c2001 - 2012, [cit. 2012-04-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/4903-ucinnost-vakuovych-trubkovych-solarnich-kolektoru-i>>
- [14] *Atavico s.r.o.* [online]. 2010, [cit. 2012-04-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.levnevytapani.com/?6-solarni-vakuove-trubicove-kolektory-atavico>>
- [15] *TZB-info* [online]. 2001-2012, [cit. 2012-04-20]. Dostupné z WWW: <www.TZB-info.cz>
- [16] *Viadrus* [online]. 2011, [cit. 2012-04-20]. Dostupné z WWW: <<http://www.viadrus.cz/web/structure/plynove-kotle>
104.html?do[loadData]=1&itemKey=cz_3 >

- [17] **Licon** [online]. 2010, [cit. 2012-04-20]. Dostupné z WWW:
< <http://www.licon.cz/otopne-lavice-ol-inovace.html>>
- [18] **Giacomini** [online]. 2010, [cit. 2012-04-20]. Dostupné z WWW:
< <http://www.giacomini.cz/r979-560>>
- [19] **Giacomini** [online]. 2010, [cit. 2012-04-20]. Dostupné z WWW:
< <http://www.giacomini.cz/r999-587>>
- [20] **Solarpower** [online]. 2012, [cit. 2012-04-20]. Dostupné z WWW:
< <http://www.solarpower.cz/home/>>

9 Přílohy

Příloha A: Teoretická doba slunečního svitu $\tau_{\text{teor d}}$ v charakteristických dnech. [1]

měsíc	teoretická doba slunečního svitu $\tau_{\text{teor d}}$ (h)
XII	7,85
XI a I	8,26
X a II	10,12
IX a III	12,00
VIII a IV	13,90
VII a V	15,70
VI	16,34

Příloha B: Teoreticky možné množství energie dopadající za den na skloněné plochy orientované na jih v jednotlivých měsících. [1]

Úhel sklonu osluněné plochy od vodorovné roviny α	Teoreticky možné množství energie dopadající za den na plochu v jednotlivých měsících $Q_{s \text{ den teor}}$ (kWh m ⁻²)						
		I	II	III	IV	V	VI
	XIII	XI	X	IX	VIII	VII	
0°	1,09	1,55	2,74	4,93	6,73	8,38	9,16
15°	1,78	2,30	3,75	5,82	7,50	9,12	9,76
30°	2,35	2,96	4,48	6,44	7,98	9,56	9,98
45°	2,70	3,40	4,96	6,70	8,06	9,42	9,64
60°	3,00	3,71	5,26	6,44	7,41	8,09	8,48
75°	3,08	3,90	5,32	6,24	6,44	6,44	6,44
90°	3,11	3,96	5,00	5,56	5,19	4,49	4,31

Příloha C: Skutečná doba slunečního svitu v jednotlivých měsících pro město Praha. [1]

<i>Skutečná doba slunečního svitu v jednotlivých měsících (h)</i>	
<i>měsíc</i>	<i>Praha</i>
<i>I</i>	53
<i>II</i>	90
<i>III</i>	157
<i>IV</i>	187
<i>V</i>	247
<i>VI</i>	266
<i>VII</i>	266
<i>VIII</i>	238
<i>IX</i>	190
<i>X</i>	117
<i>XI</i>	53
<i>XII</i>	35
<i>celková doba za rok (h)</i>	<i>1899</i>

Příloha D: Průměrné množství energie dopadající za měsíc $Q_{s \text{ měs}}$ na různě skloněné plochy orientované na jih v Praze. [1]

měsíc	Průměrné množství energie dopadající za měsíc $Q_{s \text{ měs}}$ (kWh m^{-2}) při úhlu sklonu osluněné plochy α						
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
<i>I</i>	10,10	15,00	19,30	22,10	24,20	25,40	25,80
<i>II</i>	24,60	33,60	40,10	44,40	47,10	47,70	44,80
<i>III</i>	64,20	75,80	83,80	87,20	83,80	81,20	72,40
<i>IV</i>	90,90	101,30	107,70	108,80	100,00	86,90	70,10
<i>V</i>	132,50	144,20	151,10	148,90	127,90	101,80	71,00
<i>VI</i>	148,40	158,10	161,70	156,20	137,40	104,30	69,80
<i>VII</i>	142,90	155,50	163,00	160,60	137,90	109,80	76,60
<i>VIII</i>	114,70	127,90	136,10	137,40	126,30	109,80	88,50
<i>IX</i>	78,40	92,50	102,40	106,50	102,40	99,20	88,40
<i>X</i>	31,40	43,00	51,40	56,90	60,30	61,00	57,40
<i>XI</i>	9,80	14,50	18,60	21,40	23,40	24,60	24,90
<i>XII</i>	4,70	5,70	10,20	11,70	13,00	13,40	13,50
<i>celkem za rok</i>	<i>852,60</i>	<i>969,10</i>	<i>1045,40</i>	<i>1062,10</i>	<i>983,70</i>	<i>865,10</i>	<i>703,20</i>

Příloha E: Fyzikální vlastnosti vody při tlaku $0,981 \cdot 10^5$ Pa do teploty 100°C a při tlaku syté páry nad 100°C . [1]

<i>Fyzikální vlastnosti vody při tlaku $0,981 \cdot 10^5$ Pa do teploty 100°C a při tlaku syté páry nad 100°C</i>		
<i>Teplota t ($^\circ\text{C}$)</i>	<i>Tlak $p \cdot 10^5$ (Pa)</i>	<i>Hustota ρ (kg m^{-3})</i>
0	0,981	999,800
10	0,981	999,600
20	0,981	998,200
30	0,981	995,600
40	0,981	992,200
50	0,981	988,000
60	0,981	983,200
70	0,981	977,700
80	0,981	971,800
90	0,981	965,300
100	1,000	958,300
120	1,980	943,100
140	3,620	926,100
160	6,180	907,400
180	10,120	886,900
200	15,280	864,700

Příloha F:

SCHÉMA SOLÁRNÍHO SYSTÉMU

