

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Energetická bilance solárních systémů pro rodinný dům

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Vlastislav ŠIMICE**
Osobní číslo: **E12N0038P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Energetická bilance solárních systémů pro rodinný dům**
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 možnosti energetického využití solárního záření pro rodinné domy.
2. Analyzujte praktický solární systém provozovaný na rodinném domku.
3. Navrhněte možná zlepšení a optimalizaci provozu.
4. Proveďte zhodnocení navrhovaných úprav z energetického a ekonomického hlediska.




Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:


1. přednášky KEE/SOES

Vedoucí diplomové práce: Ing. Milan Bělík, Ph.D.
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: 14. října 2013
Termín odevzdání diplomové práce: 12. května 2014


Doč. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doč. Ing. Vlastimil Skočil, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2013

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce popisuje stávající solární systém rodinného domu. Solární systém, který je zde popsán, byl navrhnut a vystavěn pro ohřev vnitřního bazénu a předeřev a ohřev teplé vody. Jsou zde popsány všechny důležité prvky systému a jejich funkce. Druhá část práce je zaměřena na možná zlepšení a optimalizace provozu. Je vypočteno množství tepla, které je nutné k provozu domu dle požadovaných parametrů. Navrženy jsou tři varianty, které jsou v závěru práce zhodnoceny z ekonomického a energetického hlediska. Z ekonomického hlediska je nejvýhodnější snížení spotřeby teplé vody. Ostatní optimalizace vyžadují investice na úpravu systému.

Klíčová slova

Solární kolektor, vnitřní bazén, solární zisk, ekonomická bilance, bivalentní zásobník, účinnost kolektoru, ohřev vody

Abstract

This master thesis deals with solar system of family house. The Solar system which is describes, was designed and builded for heating of indoor pool and preheating and heating of hot water. The thesis describes all main parts of system and their function. Second part is focused on possibility of improvement and optimization in operation. There is calculation of heat quantity, which is necessary for operation of the house accordance required parameters. There are three variants, which go to improve of existing system, this variants are evaluation of economy and energetic view. In economic view is the best option decrease of consumption hot water. Another optimizations require investments to adapt the system.

Key words

Solar collector, indoor pool, solar profit, economic balance, bivalent container, efficiency of the collectors, heating of water

Prohlášení

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

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

.....
podpis

V Plzni dne 8.5.2014

Vlastislav Šimice

Obsah

OBSAH	7
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	9
ÚVOD	10
1 VYUŽITÍ SOLÁRNÍHO ZÁŘENÍ	11
1.1 PASIVNÍ VYUŽITÍ SOLÁRNÍHO ZÁŘENÍ	11
1.2 AKTIVNÍ VYUŽITÍ SOLÁRNÍHO ZÁŘENÍ	12
1.3 SOLÁRNÍ ZÁŘENÍ NA ZEMSKÉM POVRCHU	13
1.4 PŘÍMÉ A DIFUZNÍ ZÁŘENÍ	14
1.5 DOSTUPNOST SOLÁRNÍ ENERGIE	15
1.6 VYUŽITELNOST SOLÁRNÍ ENERGIE.....	17
2 SOLÁRNÍ SYSTÉMY	19
2.1 SYSTÉMY PRO OHŘEV TEPLÉ VODY	19
2.2 SYSTÉMY PRO OHŘEV TEPLÉ VODY A VYTÁPĚNÍ	19
2.3 PRINCIP SOLÁRNÍHO SYSTÉMU	20
2.4 SOLÁRNÍ SYSTÉM RODINNÉHO DOMU.....	21
2.4.1 <i>Parametry solárního systému</i>	22
2.5 SOLÁRNÍ KOLEKTORY	23
2.6 SOLÁRNÍ REGULÁTOR A STANICE.....	24
2.6.1 <i>Regulace podle teplotní difference</i>	25
2.7 ZÁSOBNÍK.....	26
2.8 BAZÉNOVÝ SOLÁRNÍ VÝMĚNÍK.....	26
2.9 EXPANZNÍ NÁDOBA	27
2.10 SOLÁRNÍ KAPALINA.....	28
3 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT	29
3.1 SOLÁRNÍ ZISKY KOLEKTORU.....	29
3.2 ZTRÁTY BAZÉNOVÉHO TĚLESA	31
3.3 OHŘEV ZÁSOBNÍKU	35
4 OPTIMALIZACE PROVOZU	36
4.1 ZMĚNA SKLONU SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ.....	37
4.2 SNÍŽENÍ SPOTŘEBY TUV	38
4.3 OPTIMALIZACE POMOCÍ BAZÉNOVÉHO TČ VZDUCH/VODA	39
5 BILANCE SOLÁRNÍHO SYSTÉMU	41
5.1 OPTIMALIZACE SPOTŘEBY TUV	42
5.2 ÚPRAVA POZICE SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ.....	43
5.3 INSTALACE TEPELNÉHO ČERPADLA.....	44
ZÁVĚR	46

SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	47
PŘÍLOHY	1

Seznam symbolů a zkratk

α	Koeficient absorpce
G_D	Difúzní záření
G_P	Přímé záření
I	Intenzita slunečního záření
FVT	Hybridní fotovoltaicko-tepelný kolektor
KNX/EIB	Konnex/European Instalation Bus,
k_1	Lineární tepelné ztráty
k_2	Kvadratický součinitel tepelných ztrát
η_0	Optická účinnost solárního kolektoru
η_K	Průměrná denní účinnost solárního kolektoru
T_a	Střední teplota absorbéru
t_{ES}	Průměrná venkovní teplota v době slunečního svitu
TUV	teplá užitková voda
TČ.....	Tepelné čerpadlo
t_w	Teplota vody v bazénu
τ	Koeficient propustnosti zasklení
U	Součinitel prostupu tepla z absorbéru do okolí
W_p	Wattpeak
ΔQ	Teplotní zisk

Úvod

Předkládaná diplomová práce se zabývá využitím solárního záření pro rodinný dům. Se zvyšující se cenou energií mnoho rodin uvažuje nad tím, jak tuto cenu snížit. Solární systémy tuto možnost nabízejí. Vše záleží na finančních možnostech jednotlivých investorů a délce návratnosti. S tímto je spojena možnost využití státních dotací, konkrétně program: “Zelená úsporám”, který při splnění podmínek sníží finanční náročnost.

Úvod práce se věnuje obecnému popisu problematiky a uvádí jednotlivé možnosti využití včetně ekonomického srovnání. Je zde popis základních parametrů, na kterých závisí především účinnost solárních systémů, toto je doplněno přehlednými grafy. Z účinnosti lze poměrně odhadnout dobu návratnosti investice vybudování solárního zařízení.

Následující kapitola podrobně popisuje jednotlivé části solárních systémů. Jsou zde zobrazeny solární kolektory, které tvoří hlavní část systému. Důležitým prvkem solárních systémů je regulace, která je nedílnou součástí každého vyspělého systému, kdy na základě předem stanovených požadavků je teplo ukládáno do zásobníku popř. do výměníku topení nebo boileru TUV.

Hlavním cílem práce je popis solárního systému pro konkrétní rodinný dům, který má vnitřní bazén a měl být vyhříván pomocí tepelného čerpadla země-voda. Toto čerpadlo mělo být náhradou za plynový kotel z důvodu finanční úspory. Hydrogeologické problémy s podložím způsobily to, že nemohly být osazeny a vystrojeny jednotlivé vrty do hloubky 120 m z důvodu silných podzemních proudů vody. Kvůli těmto vzniklým problémům se navrhl solární systém, který primárně ohřívá bazénovou vodu a přebytečné teplo ukládá do zásobníku teplé vody. Jsou navrženy dvě různé varianty optimalizace zvýšení solárních zisků a třetí variantou je doplnění solárního systému a tepelné čerpadlo. Je provedeno ekonomické a energetické srovnání stávající varianty ohřevu pomocí solárního systému a navržených optimalizací.

1 Využití solárního záření

Úvodní část se zabývá možnostmi využití solárního záření. Je zde uvedeno základní rozdělení, tj. pasivní a aktivní solární záření. Pasivní získávání energie ze slunce je historicky starší, využíváno je zejména v architektuře, při výstavbě pasivních či nízkoenergetických staveb, pěstování plodin, atd. Detailněji zde bude rozepsáno aktivní získávání energie ze Slunce.

1.1 Pasivní využití solárního záření

Pasivní nebo-li nepřímé využití solárního záření je prakticky založené na skleníkovém jevu. Tato varianta nevyžaduje žádné úpravy. Sluneční paprsky procházejí skrz skleněné výplně a jsou pohlcovány předměty uvnitř místnosti a vzrůstá teplota. Problematiku pasivního využívání energie ze Slunce studuje se obor zvaný: “ Solární architektura“. Tento obor se zabývá tím, jak co nejefektivněji využívat solární záření k vytápění, případně ke chlazení. Solární domy jsou navrhovány tak, aby jejich provoz na vytápění byl co nejméně energeticky náročný. Energie je nejvíce zachycována na jižně orientované straně. Tomu musí odpovídat vhodné umístění a architektonické navržení stavby. Většina pasivních domů využívá možnosti zisku energie ze solárního záření na vytápění. Aby mohl být dům označen jako pasivní, musí být spotřeba energie na vytápění v rozmezí 15-50 kWh/m² za rok.

Na západ od Vídně byl otevřen Sluneční dům (Sunlighthouse) – v pořadí třetí stavba v rámci celoevropského projektu VELUX Model Home 2020 postavená na principu aktivního domu. Sluneční dům nabízí zdravé vnitřní prostředí a uživatelský komfort, je energeticky efektivní a ohleduplný k životnímu prostředí. Cílem Slunečního domu je udržet celkovou spotřebu energie na co nejnižší možné úrovni. Pokrytí energetických nároků se uskutečňuje výhradně pomocí obnovitelných zdrojů energie. Minimální potřebu vytápění v rakouském Slunečním domě zajišťuje tepelné čerpadlo, elektřinu vyrábějí střešní fotovoltaické panely, ohřev teplé užitkové vody obstarají solární kolektory. Díky tomu Sluneční dům vyrobí více energie, než sám potřebuje. [1]



Obr. 1.1 Sluneční dům, Rakousko, přejato z [1]

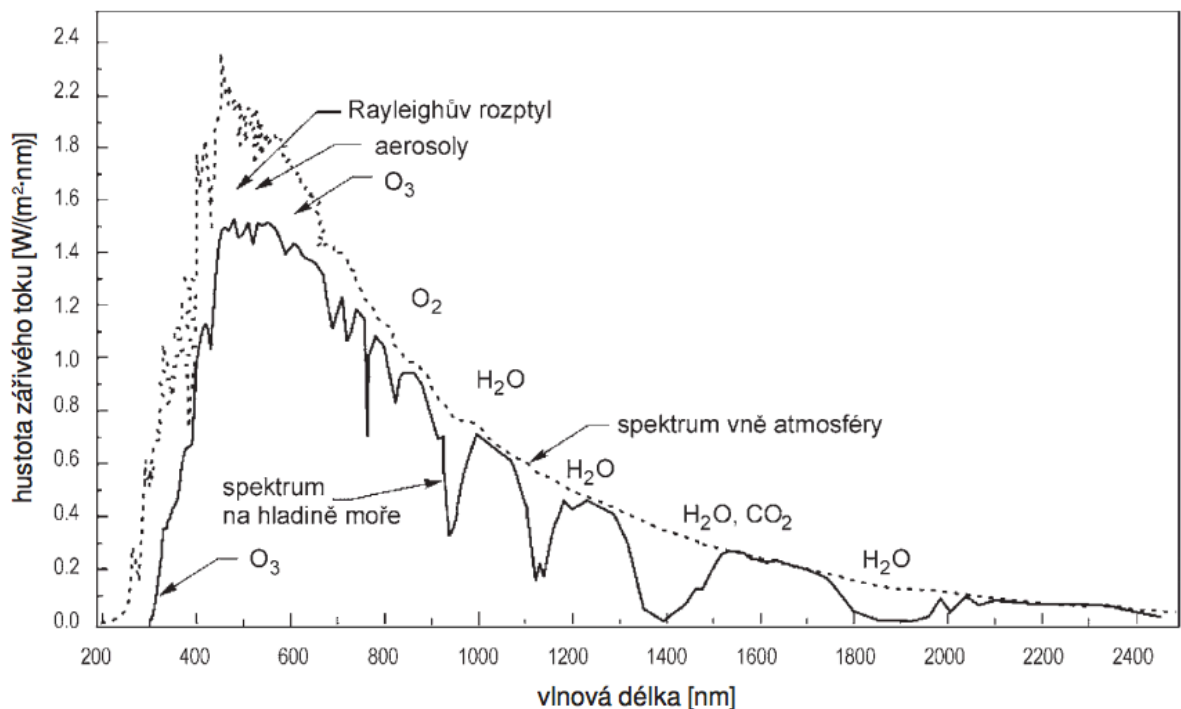
1.2 Aktivní využití solárního záření

Získávání energie aktivním způsobem ze solárního záření je spojené s využitím technických zařízení. V České republice jsou nejvyužívanější technologie na získávání tepla a elektrické energie pomocí solárních kolektorů resp. fotovoltaických článků. Před několika lety zažila hlavně fotovoltaika v České republice obrovský nárůst, kdy byly velmi výhodné podmínky pro pořízení tohoto zařízení. Aktivní solární soustavy mají ve světě nezastupitelné místo mezi alternativními (obnovitelnými) zdroji energie, a to nejen v oblastech s vysokou celoroční poměrnou dobou slunečního svitu, ale i v severských zemích jako je Švédsko a Finsko, tedy v zemích s menším ozářením a poměrnou dobou slunečního svitu než má Česká republika.

V posledních letech je i v České republice patrný nárůst instalované plochy kolektorů slunečního záření především díky podpůrným programům Státního fondu životního prostředí. [12]

1.3 Solární záření na zemském povrchu

Sluneční záření vstupuje do atmosféry zhruba 60 km nad zemským povrchem. Složení atmosféry je převážně z dvojatomových plynů kyslíku a dusíku. V nejvyšších vrstvách atmosféry je pomocí těchto plynů pohlcováno ultrafialové a rentgenové záření, které je škodlivé pro lidský organismus. Ve středních vrstvách je vysoký obsah ozonu, který pohlcuje zbytkové ultrafialové záření. V nejnižších vrstvách dochází vlivem vodních par, CO_2 , aerosolů a jiným nečistotám k pohlcování slunečního záření o určitých vlnových délkách. Hlavním úkolem atmosféry je chránit zemský povrch před škodlivými vlivy výše zmíněných záření. Na obrázku 1.2 je znázorněna spektrální charakteristika slunečního záření vně atmosféry, dále spektrální charakteristika záření po průchodu atmosférou, které dopadá kolmo na zemský povrch. Z obrázku je jasně patrné odfiltrování škodlivého záření. [10]



Obr. 1.2 Spektrální charakteristika toku sluneční energie dopadající na zemský povrch, přejato z [10]

Na zemský povrch dopadá záření s největší hustotou zářivého toku při vlnových délkách od 400 do 800 nm. Absorbční povrch solárních kolektorů se proto navrhuje především pro tyto vlnové délky, aby se zajistilo maximální účinnosti. Průměrně se za rok odrazí zpět do vesmíru 34 % sluneční energie od mraků, prachových částic a zemského povrchu. V atmosféře se pohltní dalších 19 % a zůstávají 47 % pohltní zemský povrch.

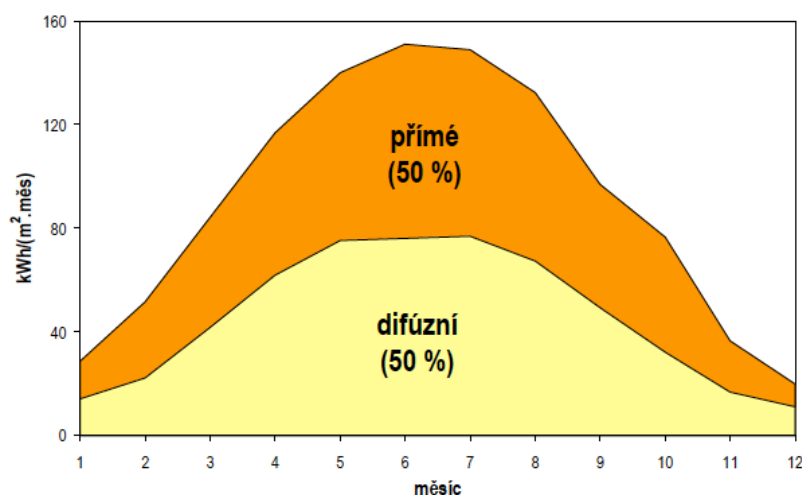
1.4 Přímé a difúzní záření

Na vnější povrch atmosféry dopadá sluneční záření v nerozptýlené formě, které si lze představit jako paprsky přicházející přímo ze Slunce. Průchodem atmosférou dochází k rozptýlení vodními kapičkami a pevnými částicemi prachu. Část světelného toku dopadá na zemský povrch ve formě rozptýleného záření, které nedopadá kolmo na zemský povrch, ale má všesměrový charakter. Toto sluneční záření je nazývá difúzní. K tomuto záření se počítá i záření odražené od okolních ploch, zvláště od terénu. Vychází se z předpokladu, že naprostá většina povrchů v přírodě je difúzních, tzn. že i přímé sluneční záření dopadající na tento povrch se odrazí do všech směrů s podobnou intenzitou. V městských zástavbách s velkým podílem lesklých ploch tento předpoklad platí omezeně. [10]

Energetickou hodnotu, kterou obsahuje sluneční záření, popisují dvě hlavní veličiny. První je veličina sluneční ozáření G ve W/m^2 . Tato hodnota udává výkonovou hustotu zářivého toku slunečního záření. Hustota sluneční energie, která dopadne na zemský povrch za určitý časový úsek se nazývá dávka slunečního ozáření H a udává se v kWh/m^2 .

Tabulka 1 Hodnoty průměrného slunečního ozáření

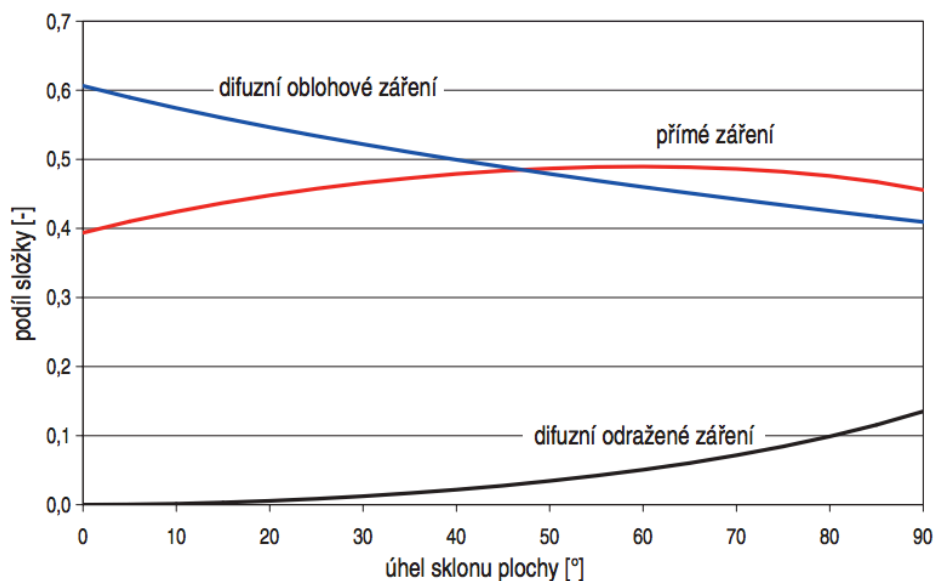
	$G = G_P + G_D$	poměr difúzního záření
jasno	700 - 1000 W/m^2	10 - 20 %
polojasno	200 - 700 W/m^2	20 - 80 %
zataženo	100 - 200 W/m^2	80 - 100 %



Obr. 1.3 Solární zisky při zvyšování solárního pokrytí, přejato z [9]

V tabulce 1 jsou uvedeny průměrné hodnoty slunečního ozáření při různých typech oblačnosti. Celkové sluneční ozáření G je dáno součtem difúzního G_D a přímého záření G_P . Následující obrázek 1.3 zobrazuje, že poměr přímého a difúzního záření je v průběhu roku prakticky stejný. Toto platí pro zeměpisnou šířku 50° , což je pro Českou republiku. V jižních oblastech Evropy převládá přímá složka ozáření ze 60 % a ze 40 % difúzní složka. Velikost závisí především na sklonu přijímací plochy a oblačnosti. Teoreticky by se v zimním období měla dosáhnout stejná hodnota slunečního záření jako v létě za předpokladu, že bude dopadat na kolmou plochu. V praxi se provádí optimalizace na letní měsíce, protože v zimním období je zisk ze sluneční energie minimální.

Velikost jednotlivých typů ozáření v závislosti na úhlu dopadu na ozářenou plochu ukazuje obrázek 1.4. Z obrázku je jasně patrné, že při nízkých sklonech dopadající plochy je difúzní záření od okolního prostředí zanedbatelné. Se zvyšujícím se sklonem naopak difúzní záření z okolí stoupá, ale za výrazného úbytku difúzního záření oblohového. Toto platí pro jižně orientovanou plochu, se zvyšujícím se azimutem by došlo ke snížení hodnot.

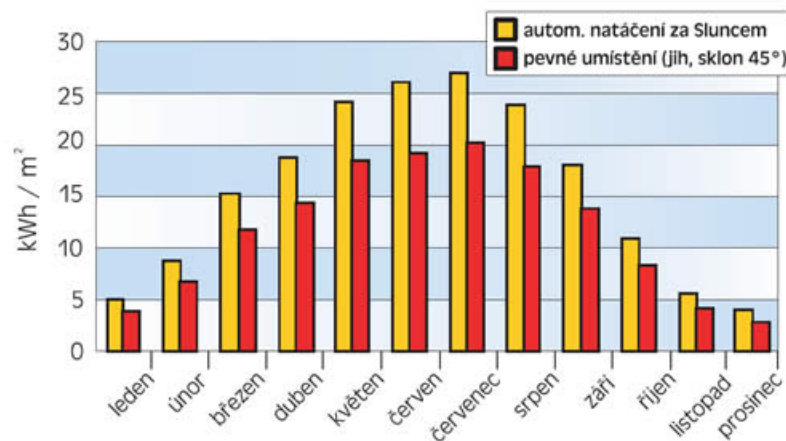


Obr. 1.4 Podíl složek záření v závislosti na sklonu na dopadající plochu, přejato z [10]

1.5 Dostupnost solární energie

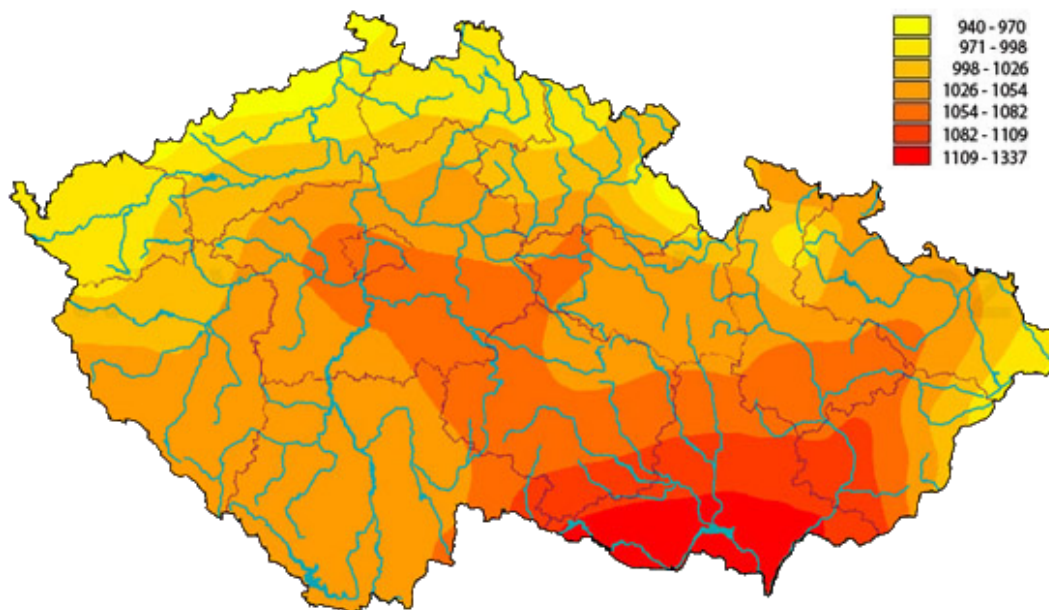
Solární energii je možné využívat všude, mezi jednotlivými lokalitami jsou ale poměrně značné rozdíly. Množství energie získané ze slunečního záření je závislé na uvedených parametrech:

1. Zeměpisná poloha – nejvíce záření dopadá na Zemi v rovníkové oblasti, opakem jsou oblasti kolem pólů, kde má záření nejmenší intenzitu.
2. Sklon plochy – nejvhodnější případ nastává, kdyby dopadající záření na plochu tělesa bylo stále kolmé. Toto řešení se v praxi moc nepoužívá, protože se výška Slunce mění během dne i celého roku. V létě je vhodný sklon tělesa absorbující záření 30° od vodorovné plochy, naopak v zimě je to přibližně 60° . Proto se volí kompromis mezi těmito hodnotami v rozmezí $35^\circ - 45^\circ$.
3. Orientace plochy – měla by být natočena směrem k jihu nebo jihozápadu, aby se mohlo využít největší intenzity dopadajícího záření v poledních hodinách. Při instalaci na střechu nelze vždy tuto podmínku splnit z důvodu orientace střechy.



Obr. 1.5 Energetický zisk pevných a natáčecích panelů, přejato z [2]

4. Roční období – v letních měsících dopadne na plochu 1m^2 orientované k jihu cca 7 – 8 kWh za den, při oblačnosti je to jen přibližně 2 kWh. V zimě při vyjasněné obloze dopadá cca. 3 kWh/den, při oblačnosti pouze 0,3 kWh/den.



Obr. 1.6 Globální roční sluneční záření v ČR (kWh/m²), přejato z ČHMÚ

Z obr. 1.6 je patrné, že rozdíly v dopadu slunečního záření jsou poměrně velké. Mezi oblastmi v jižní a severní části je nezanedbatelný rozdíl cca 400 kWh/m². Tato mapa vznikla na základě dlouhodobých měření ČHMÚ. Podle této mapy lze zhruba vypočítat návratnost investice do solárního systému dle dopadající energie. Při obecných výpočtech se v České republice používá hodnota 1000 kWh/m² za rok.

1.6 Využitelnost solární energie

Reálně je nemožné využít dopadající energii v plné míře. Jsme limitováni několika základními faktory, mezi nejdůležitější patří:

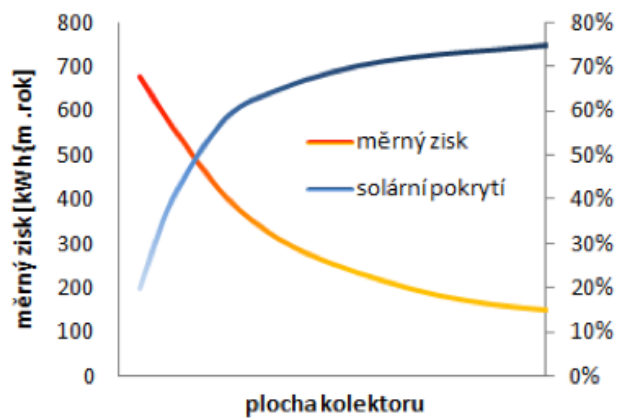
- **Účinnost solárních systémů**

Technologicky není možné, aby veškerá dopadající energie byla přeměněna a využita. Účinnost solárních kolektorů se pohybuje mezi 50 – 80 % v závislosti na použitém typu kolektoru. Co se týká fotovoltaických článků, je účinnost ještě nižší, řádově okolo 15-30 % v závislosti na typu a ceně panelu. V současné době nejrozšířenější komerční panely mají účinnost mezi 15-25 %.

- **Plošná hustota**

Solární energie má poměrně malou plošnou hustotu, proto je nutné úměrně k tomu zvýšit plochu, na kterou dopadá. Většina instalovaných zařízení má značně velké rozměry a s tím je spojená vysoká finanční náročnost. Při návrhu se musí zohlednit celková cena realizace a doba návratnosti. Z tohoto důvodu se nenavrhují solární systémy tak rozsáhlé, aby

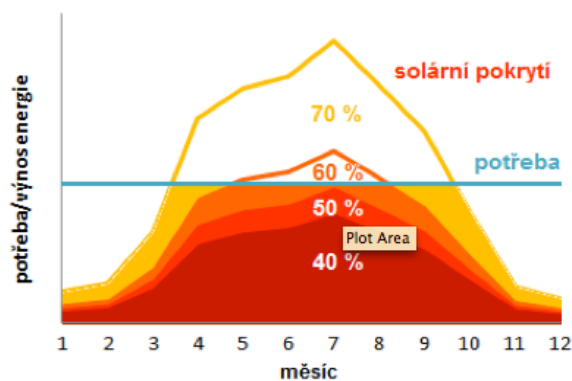
doba návratnosti nepřekročila dobu životnosti systému.



Obr. 1.7 Solární zisky při zvyšování solárního pokrytí, přejato z [13]

- **Dostupnost solární energie**

Nejvíce dostupná je solární energie v létě. Naopak v zimě, kdy potřebujeme energii na vytápění a TUV, je méně. Významným faktorem, který ovlivňuje zisk energie, je venkovní teplota. V zimních měsících klesá účinnost obecně solárních systémů takřka k nule. Při venkovních teplotách pod bodem mrazu má sluneční záření intenzitu kolem 100 W/m^2 a solární kolektory prakticky přestávají fungovat. Při těchto podmínkách se rapidně snižuje též účinnost fotovoltaických panelů.



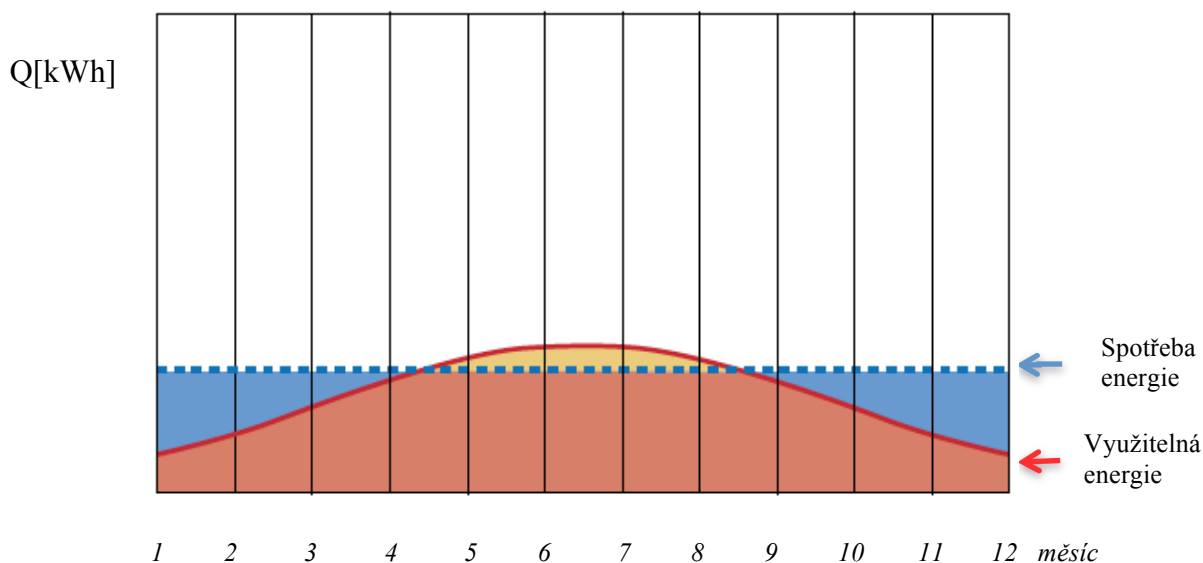
Obr. 1.7 Průběh teoreticky využitelných tepelných zisků solární soustavy pro přípravu teplé vody, přejato z [13]

2 Solární systémy

Tato kapitola popisuje možnosti použití solárních kolektorů v rodinných domech. Je zde popsán stávající solární systém pro ohřev bazénové vody a ohřev a přehřev TUV.

2.1 Systémy pro ohřev teplé vody

Využití solárních kolektorů pro ohřev teplé vody patří mezi rozšířené způsoby zisku energie ze slunečního záření. Spotřeba vody je v jednotlivých měsících téměř konstantní a při vhodně zvolené dimenzaci může systém zajistit téměř plné pokrytí ohřevu teplé vody v letních měsících. Pokud by delší dobu byl nedostatek solární energie, je nutné počítat s doplněním o konvenční zdroj energie. Na obrázku 2.1 je znázorněna závislost mezi celoroční spotřebou teplé vody a možností zisku solární energie. Jak je jasně zřetelné, přibližně polovinu roku je teoreticky možné provozovat ohřev teplé vody pomocí solárních kolektorů. V letních měsících jsou přebytky solární energie, které by bylo možno využívat například pro ohřev vody v bazénu. Ve zbylé polovině se musí chybějící energie dodávat z jiných zdrojů pomocí bivalentního zásobníku.

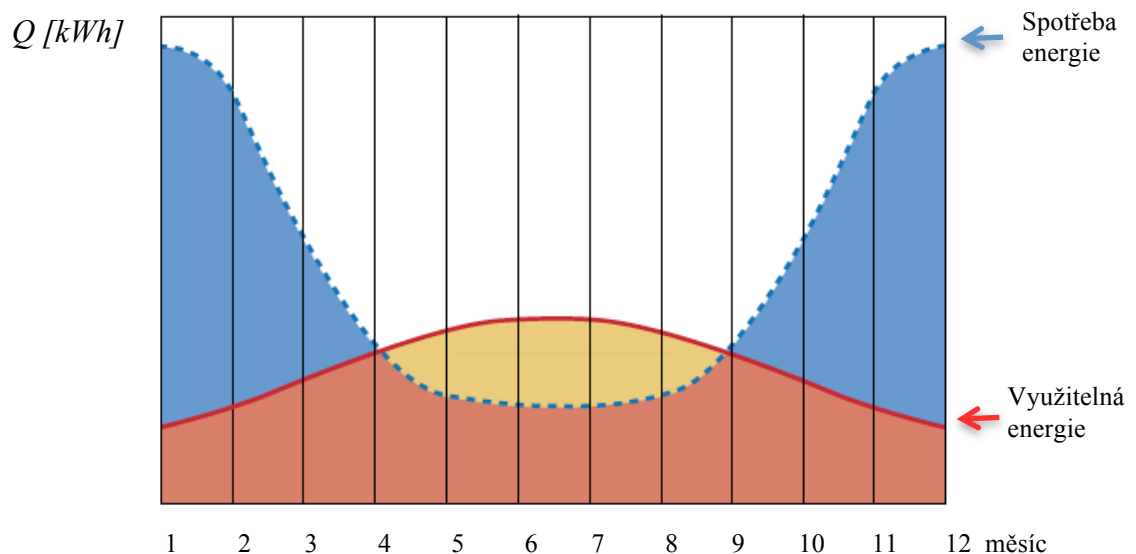


Obr. 2.1. Získaná energie ze solárního systému ve srovnání se skutečnou spotřebou v jednotlivých měsících, přejato z [6]

2.2 Systémy pro ohřev teplé vody a vytápění

Solární systémy kombinující tyto dvě možnosti využití nejsou v České republice mnoho rozšířené. Na rozdíl od předchozí varianty jsou finančně náročné a účinnost je velmi nízká. Solární kolektory je možné využívat k podpoře vytápění pouze pokud je teplota vratné vody

z topného okruhu nižší než voda v solárním kolektoru. Pro tento způsob vytápění je nejvhodnější topný systém s nízkým teplotním spádem, jakými jsou podlahové topení nebo velkoplošná topná tělesa. Výrobci udávají, že při vhodném návrhu by měl solární systém ušetřit až 30 % celkových ročních nákladů na topení a ohřev vody. Na obr. 2.2 je znázorněno, že solární systém pracuje v zimních měsících s nízkou účinností a bezpodmínečně nutná spolupráce s jiným zdrojem tepla. Finanční náklady na dodávku tohoto systému jsou poměrně vysoké. Návratnost investic se pohybuje v závislosti na velikosti systému mezi 15 – 25 lety.

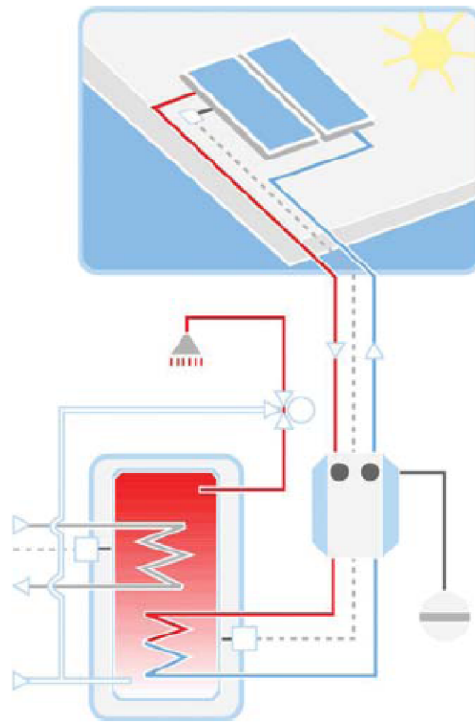


Obr. 2.2. Získaná energie ze solárního systému ve srovnání se skutečnou spotřebou v jednotlivých měsících, přejato z [6]

2.3 Princip solárního systému

Dopadající sluneční záření (přímé i difúzní) dopadá skrz krycí sklo na absorbér, který je naplněn teplotnosnou kapalinou. Podle sezonního použití může být naplněn vodou nebo při celoročním provozu nemrznoucí směsí, která zajišťuje ochranu kolektoru proti poškození mrazem. Ohřátá kapalina cirkuluje pomocí oběhového čerpadla do zásobníku a tam pomocí spirály předá získané teplo vodě v zásobníku. Aby oběhové čerpadlo spínalo pouze při dosažení teploty vyšší, než je ve spodní části zásobníku, je na výstupu z kolektoru teplotní čidlo, které pomocí regulace dává signály k zapnutí. Vzdálenost mezi kolektory a zásobníkem by měla být co nejmenší, aby se zamezilo tepelným ztrátám v rozvodném potrubí. Částečným opatřením je instalace tepelné izolace, tzv. mirelonu. Při návrhu solárního systému musí projektant kalkulovat se ztrátami v rozvodném potrubí maximálně o 1°C. Horší hodnoty znamenají výrazné snížení účinnosti a neekonomický provoz. Obecně se při návrhu systému

pro ohřev vody počítá s průměrnou spotřebou okolo 60 l/osobu za den. Z toho vyplývá, že na jednu osobu připadá absorpční plocha přibližně jednoho kolektoru. Na obrázku 2.3 je obecně znázorněno zapojení solárního systému, kde se teplo ukládá do bivalentního zásobníku. Spodní spirála je zapojena do hydraulického okruhu ze solárních kolektorů. Plocha spirály musí být co možná největší, aby docházelo k největší výměně tepla. Horní spirála je připojena k jinému zdroji tepla, např. kotel na tuhá paliva nebo plynový kotel. Umístění spirály v horní části je proto, aby doba dodávky teplé vody byla nejkratší.



Obr. 2.3. Solární systém pro ohřev teplé vody, přežato z [6]

2.4 Solární systém rodinného domu

Systém vytápění, ohřevu vody a ohřevu bazénu byl původně dle projektové dokumentace pro dostavbu RD Plzeň navržen pomocí tepelného čerpadla typu země/voda se třemi podzemními vrtů. Záložní zdroj byl zvolen kondenzační kotel na zemní plyn, který by v případě poruchy zajišťoval základní provoz. Výkon tepelného čerpadla byl stanoven na 45 kW. Problém nastal při zhotovení vrtů, kdy docházelo vlivem velkého tlaku podzemní vody a nevhodného geologického podloží k zavalování vrtů. Po několika neúspěšných pokusech se došlo k závěru, že musí být změněn hlavní zdroj tepla na plynový kondenzační kotel. Pro šetření nákladů na ohřev vnitřního bazénu a TV bylo navrženo následující řešení

solárního systému, které má splňovat následující.

Požadavky na solární systém:

- 1) Ohřev vnitřního krytého bazénu – objem 30,8 m³ o požadované teplotě $t_w = 24^\circ\text{C}$, doba užívání bazénu je průměrně 5 hodin denně v závislosti na ročním období, rozměr 9x3 m, (obrázek příloha č. 12);
- 2) Předehřev a ohřev vody v zásobníku;

Se zapojením solárního systému do topného okruhu není počítáno, protože plocha střechy směřující k jižní straně, na kterou lze solární kolektory instalovat, má malou plochu. Celkové ztráty RD byly spočteny na cca 29 kW. Ve spojení s ohříváním vody v bazénu a zásobníku je instalovaný výkon solárního systému nedostatečný a instalace do okruhu pro vytápění neekonomická.

2.4.1 Parametry solárního systému

Uváděný solární systém je provozovaný celoročně. To znamená, že teplotnosné médium je nemrzoucí směs. Ta zaručí ochranu kolektorů proti poškození mrazem. Kolektory jsou umístěny na měděné střeše se sklonem 30° a odchylkou (azimutem) od jižního směru $+30^\circ$. Primární zdroj energie je plynový kotel Buderus, který je řízen pomocí inteligentní elektroinstalace KNX/EIB, rovněž solární systém je od stejného výrobce, aby při komunikaci a regulaci nevznikaly problémy. Je využito pouze jednoho převodníku KNX. Kolektory jsou upevněny na nosné montážní konstrukci, kterou dodává výrobce. Propojení kolektorů se zásobníkem je realizováno měděným potrubím 35x1,5 mm. Na nejvyšším místě soustavy je osazen ruční odvzdušňovací ventil a na nejnižším místě vypouštěcí ventil. Tyto části budou využity při doplňování a výměně teplotnosné kapaliny. Primární okruh je od solárních kolektorů sveden přes střešní konstrukci do technické místnosti bazénového hospodářství, odkud je dál veden do technické místnosti, kde je plynový kotel se zásobníkem pro ohřev TUV. V místnosti s bazénovým hospodářstvím je osazena solární kompaktní instalační soustava. Provoz solárního systému je řízen regulátorem. Na výstupním potrubí z kolektorů je umístěno teplotní čidlo (příloha č. 11), další čidla jsou umístěna na zásobníku TUV a potrubí pro ohřev bazénové vody. Regulátor řídí 2 topné okruhy pomocí třicestného ventilu. Při vyšší teplotě na solárních kolektorech než je teplota ohřívání vody jednoho z okruhů, regulátor zapne oběhové čerpadlo a přepne třicestný ventil. Dle nastavení má regulátor snahu ohřát na zvolenou teplotu první okruh a poté druhý. Ohřev pomocí plynové kotle je zapínán až s časovým zpožděním, protože solární ohřev má velkou dobu setrvačnosti ohřevu. Při mírně zatažené obloze by docházelo k častému spínání plynové kotle a toto časové zpoždění to

výrazně omezí. Kompletní zapojení solárního systému a topného okruhu je znázorněno v příloze č. 9.

2.5 Solární kolektory

Použity jsou vysoce účinné deskové kolektory Buderus typu SKS4.0-s. Protože systém je provozován celoročně, jsou navrženy kolektory plněné inertním plynem mezi absorbérem a sklem. Toto řešení podstatně snižuje tepelné ztráty. Náplň tvoří těžký inertní plyn argon, který zpomaluje reakce. Díky hermeticky uzavřené konstrukci je absorbér chráněn před vlivy vnějšího prostředí jako je vlhký vzduch, prach nebo jiné látky, které působí škodlivě na kolektor. Tím je dosaženo delší životnosti a účinnost zůstává na vysoké úrovni. Kolektorová vana kolektoru Logasol SKS4.0 je tvořena odolným profilem ze skelných vláken. Zadní stěna je vyrobena z ocelového plechu o tloušťce 0,6 mm, který je potažen sloučeninou hliníku se zinkem. Vnější zakrytí tvoří bezpečnostní sklo o síle 3,2 mm. Toto sklo by mělo mít 91% propustnost. Měděný absorbér se selektivní vrstvou nanesenou ve vakuu zajišťuje vysokou účinnost [6].



Obr. 2.4 Deskové solární kolektory Logasol SKS4.0-s

Oproti levnějším kolektorům má tento typ dvojitý meandr, který je ultrazvukově svařen a zajišťuje dobrý tepelný přenos s absorbérem. Dvojitý meandr dovoluje jednostranně zapojit až 10 kolektorů do jedné řady. Je tím zajištěno lepší proudění ohřáté kapaliny meandrem. U

větších zapojení by tato podmínka nebyla splněna a je nutné provádět oboustranné zapojení. Díky paralelnímu zapojení dvou meandrů je zajištěna nízká tlaková ztráta. Sběrné potrubí zpátečky se nachází ve spodní části, takže v případě stagnace může odpařená solární kapalina snadno vyprázdnit kolektor. Tepelnou izolaci spodní části tvoří minerální vata o síle 55 mm. V příloze č. 5 je zobrazeno složení deskového kolektoru Logasol SKS4.0-s.

2.6 Solární regulátor a stanice

Solární soustava je řízena regulátorem Buderus LOGAMATIC SC40. Jedná se o nejvyšší řadu regulačních zařízení od této firmy, která jako jediná umožňuje ohřev bazénové vody. Regulace obsahuje 27 naprogramovaných systémů zapojení hydrauliky. Po zvolení požadovaného zapojení lze nastavit potřebné hodnoty teplot pro provoz zařízení, teplotní difference, otáčky oběhových čerpadel. Je zde možnost zadat okrajové podmínky pro provoz dvou odlišně orientovaných kolektorových polí a nabíjení zásobníku pomocí externího výměníku tepla. Součástí dodávky jsou i teplotní čidla pro kolektor a zásobník. Regulace obsahuje další přídavné funkce, které jsou:

- externí nabíjení zásobníku
- 2 spotřebiče
- termická desinfekce z důvodu ochrany proti Legionelle
- chladičí funkce – chlazení kolektorů pro snížení doby stagnace přizpůsobením provozu solárního oběhového čerpadla
- Double-Match-Flow – slouží k rychlému ohřevu pohotovostní části zásobníku, aby se omezilo využívání jiného zdroje tepla

Regulace LOGAMATIC SC40 je spojena se solární stanicí LOGASOL KS0110. Ta obsahuje oběhové čerpadlo Grundfos Solar 15-70, pojistný ventil do 6 bar. Tato stanice může být připojena na 6 – 10 kolektorů podle objemového průtoku a tlakové ztráty soustavy. Jedná se o 2trubkovou oběhovou stanici, která reguluje dodávku tepla pro 2 spotřebiče. Přepínání je realizováno pomocí třicestného přepínacího ventilu. Bazén, který je zvolen jako primární, protože má největší tepelné ztráty, má přednost před zásobníkem TUV. Při překročení zvolené teplotní difference mezi teplotním čidlem na solárním kolektoru a bazénem se zapíná čerpadlo. Přepnutí na druhý spotřebič se děje, pokud již došlo k požadovanému nahřátí prvního spotřebiče na požadovanou teplotu. Pokud nedochází ke zvyšování teploty, poklesnou otáčky oběhového čerpadla. Teplotní difference již nestačí nabít primární bazén, přepíná se na ohřev druhého. Po 30 minutách dochází k přerušení ohřevu druhého zásobníku,

aby se zkontrolovalo zvýšení teploty v kolektoru. Pokud se zvýší teplota v kolektoru za 1 minutu o více než 1 °C, opakuje se kontrola. Tento cyklus se opakuje dokud zvýšení teploty v kolektoru je menší než 1 °C za minutu nebo teplotní diference v solárním okruhu umožňuje ohřev primárního spotřebiče.



Obr. 2.6 Solární stanice LOGASOL KS0110

2.6.1 Regulace podle teplotní diference

Solární regulace v režimu "Automatika" kontroluje, zda lze ukládat energii do primárního zásobníku (bazénu). Porovnává se hodnota naměřená pomocí teplotního čidla na kolektoru a teplota ve spodní části zásobníku. Při překročení nastavené teplotní diference mezi kolektorem a bazénem dojde k sepnutí oběhového čerpadla a dobíjení bazénu. Při dlouhodobém slunečním záření dojde k ohřátí vody na předem zvolenou maximální hodnotu. Dochází k přepnutí třicestného ventilu a nabíjení sekundárního zásobníku, v našem případě zásobníku TUV. Pokud teplota v bazénu není pomocí solární energie dostatečně velká, regulace sepne ohřev zásobníku nebo bazénu běžným zdrojem, v tomto případě plynovým kotlem. Aby bylo možné udržovat konstantní teplotní diference v bazénu nebo zásobníku při poklesu slunečního záření, regulace sníží otáčky oběhového čerpadla. K vypnutí oběhového čerpadla dochází tehdy, když je teplotní diference na obou zásobnících pod minimální úroveň a nedochází již k ohřevu.

2.7 Zásobník

Tepelný zásobník byl navržen při požadavcích teplé vody a velikosti kolektorového pole o objemu 490 litrů. Jedná se o bivalentní solární zásobník Logalux SM500 se dvěma výměníky tepla z hladkých trubek. Ve spodní části je výměník připojený k solárním kolektorům, nad ním je menší výměník, kde se dodává teplo z kotle. Tento zásobník lze alternativně doplnit elektrickou topnou vložkou o výkonu 2 kW při napětí 230 V a 3 – 6 kW při napětí 400 V. Tepelnou izolaci tvoří fleecová izolace o tloušťce 50 mm. Pokles teploty je při vypnutém natápění cca 2°C/den. Primárně je zásobník ohříván solární soustavou, dohřev je zajištěn pomocí plynového kondenzačního kotle.



Obr. 2.7. Solární zásobník Logalux SM500

Detailní popis a řez solárního zásobníku je popsán v příloze č. 4.

2.8 Bazénový solární výměník

Pro ohřev bazénové vody ze strany solárních kolektorů je použit bazénový výměník tepla Buderus B 300, který má výkon 48,4 kW ($\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$). Jedná se o trubkový bazénový

výměník pro přímé napojení do filtračního okruhu. Pro optimální předávání tepla je použita vlnovitá nerezová trubka. Tento výměník je zapojený do série s výměníkem tepla od dalšího zdroje, aby bylo možné ohřívat vodu i při nedostatku solárního záření. Průtok bazénové vody přes bazénový výměník solárního okruhu (na obr. 2.8. spodní výměník) a bazénový výměník kotlového okruhu (na obr.2.8. horní výměník) je nastavován ručně podle potřeby pomocí uzavíracího ventilu v obtoku. Výrobce udává, že tento výměník lze napojit pro maximálně 10 deskových kolektorů typu SKS/SKN nebo 90 trubic typu SKR.



Obr. 2.8. Bazénový výměník tepla pro solární systém (spodní)

2.9 Expanzní nádoba

Pro vyrovnávání tlakových rozdílů je v uzavřené soustavě umístěna membránová expanzní nádoba REFLEX S50/10. U soustav, které neobsahují tuto nádobu, dochází při překročení tlaku k otevření pojistného ventilu a poté musí být plnicí kapalina znovu doplněna, jinak by došlo k nefunkčnosti systému. Dále chrání zásobník proti deformacím a snížením životnosti. Podrobné technické parametry jsou popsány v příloze č. 10.

2.10 Solární kapalina

Hlavním účelem solární kapaliny je přenos tepla ze solárních kolektorů do výměníku tepla. Chrání solární systém před poškozením mrazem a dále omezuje vznik koroze vnitřních částí hydraulického okruhu. Při využívání sezónních solárních systémů se může využívat destilovaná voda. V tomto případě je systém naplněn směsí Solarfluid LS. Jedná se o kapalinu 43 % propylen-glykolu a 57 % vody. Směs je od výrobce přesně naředěná a je zakázáno ji jakkoliv ředit. Má červeno-růžové zabarvení a je biologicky odbouratelná. Provozní teplota solární směsi je od -28°C do 170°C . Před prvním napuštěním systému musí dojít k proplachu hydraulického okruhu, protože solární kapalina je náchylná na nečistoty a různé úlomky. Dochází tím ke stárnutí kapaliny a je potřeba výměny, protože již nemá deklarované vlastnosti. Další faktor, který výrazně ovlivňuje životnost, jsou vysoké teploty, tlak a délka zatížení při předimenzování systému. Toto se děje například při nevhodném návrhu, kdy v letních měsících dochází v výrazném přehřívání. Kontrola stavu solární kapaliny by měla probíhat každé 2 roky. Pouhým okem lze zjistit zhoršenou kvalitu kapaliny jejím ztmavnutím až zakalením, v krajním případě zčernáním. Výměna solární kapaliny je v rozmezí cca 5 – 10 let.

3 Výpočet tepelných ztrát

Pro určení solárního pokrytí ohřevu teplé vody jsou vypočteny předpokládané tepelné zisky solární soustavy. Dále jsou vypočteny dle provozních parametrů vnitřního bazénu a zásobníku TUV tepelné ztráty bazénového tělesa a potřeba tepla na předehřev a ohřev teplé vody v zásobníku.

3.1 Solární zisky kolektoru

Na solární kolektor dopadá sluneční záření, které se zčásti odrazí od zasklení a kolektoru a zbytek je pohlcen absorbérem. Teplo pohlcené absorbérem je zčásti odváděno teplonosnou kapalinou, část tvoří tepelné ztráty kolektoru a akumulace tepla ve hmotě kolektoru. Teoreticky lze vypočítat tepelný zisk solárního kolektoru pomocí vztahu:

$$Q_{K,U} = 0,9 \cdot \eta_K \cdot n \cdot H_{T,DEN} \cdot A_K \cdot (1 - p) \quad [\text{kWh/měsíc}] \quad (3.1)$$

0,9 je účinnostní součinitel kolektoru, který závisí na geometrii kolektoru a tepelných vlastnostech absorbéru;

η_K průměrná denní (měsíční) účinnost kolektoru [–];

n počet dní v měsíci;

$H_{T,DEN}$ skutečná denní dávka slunečního záření pro sklon 30° , hodnoty v příloze č. 8, udáno v kWh/m²

A_K plocha apertury kolektoru;

p srážka tepelných zisků kolektoru vlivem tepelných ztrát (rozvody, zásobník), typické hodnoty v příloze č.3, [–];

Průměrná účinnost solárního kolektoru za jeden den se vypočítá ze vztahu:

$$\eta_K = \eta_0 - k_1 \left(\frac{t_{K,m} - t_{es}}{G_{T,m}} \right) - k_2 \frac{(t_{K,m} - t_{es})^2}{G_{T,m}} \quad [\%] \quad (3.2)$$

Hodnotu optické účinnosti η_0 [%], lineární tepelné ztráty k_1 [W/m².K] a kvadratický součinitel tepelných ztrát k_2 [W/m².K²] doplníme z technického listu kolektoru SKS4.0-s, který je přílohou č.2.

$t_{K,m}$ průměrná teplota teplonosné kapaliny v solárním systému v průběhu dne, v tomto případě $t_{K,m} = 35^\circ\text{C}$;

t_{es} průměrná venkovní teplota v době slunečního svitu, ve °C;

$G_{T,m}$ střední denní sluneční záření pro daný sklon a azimut kolektoru, hodnoty v příloze č.7 [W/m^2];

Tabulka 3 Jednotlivé hodnoty použité při výpočtu solárních zisků

	n	$H_{T, DEN}$	$t_{K,m}$	t_{es}	k_1	k_2	η_0	$G_{T,m}$	p	A_K
veličina	dny	kWh/m ²	°C	°C	W/m ² .K	W/m ² .K ²	%	W/m ²	-	m ²
leden	31	0,96	35	2,2	4,036	0,0108	85,1	329	0,1	2,1
únor	28	1,72	35	3,4	4,036	0,0108	85,1	406	0,1	2,1
březen	31	2,95	35	6,5	4,036	0,0108	85,1	482	0,1	2,1
duben	30	3,88	35	12,1	4,036	0,0108	85,1	512	0,1	2,1
květen	31	4,92	35	16,6	4,036	0,0108	85,1	530	0,1	2,1
červen	30	5,44	35	20,6	4,036	0,0108	85,1	534	0,1	2,1
červenec	31	5,31	35	22,5	4,036	0,0108	85,1	526	0,1	2,1
srpen	31	4,68	35	22,6	4,036	0,0108	85,1	511	0,1	2,1
září	30	3,72	35	19,4	4,036	0,0108	85,1	480	0,1	2,1
říjen	31	2,15	35	13,8	4,036	0,0108	85,1	419	0,1	2,1
listopad	30	1,08	35	7,3	4,036	0,0108	85,1	343	0,1	2,1
prosinec	31	0,69	35	3,5	4,036	0,0108	85,1	300	0,1	2,1

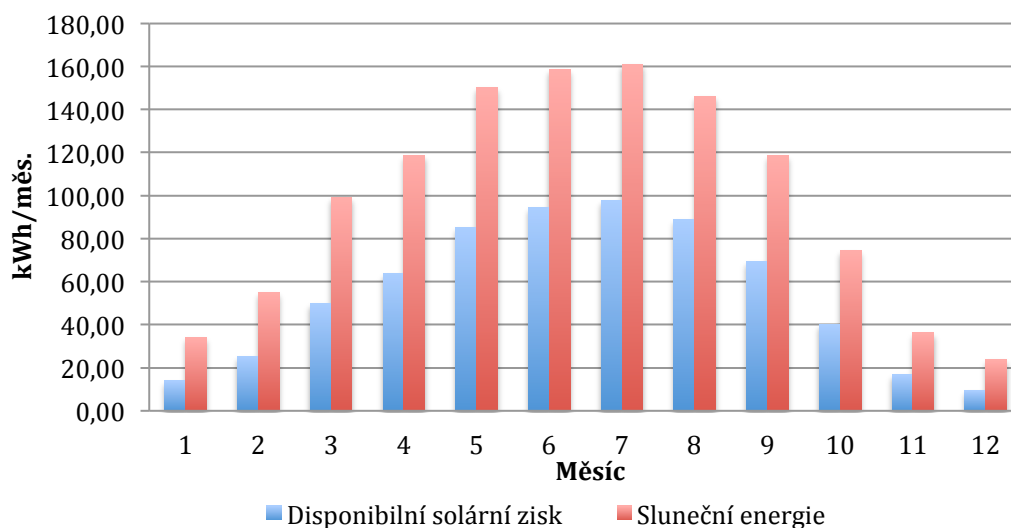
Po dosazení do vztahu (3.3) vyjde účinnost η_K pro měsíc červen následovně. Hodnoty pro ostatní měsíce jsou zapsány v tabulce 4.

$$\eta_K = 85,1 - 4,036 \left(\frac{35 - 20,6}{534} \right) - 0,0108 \frac{(35 - 20,6)^2}{534} = 74 \text{ [%]} \quad (3.3)$$

Tabulka 4 Hodnoty účinnosti a tepelných zisků pro 1 a 6 kolektorů Logasol SKS4.0-s

	η_K	$Q_{K,U}$ - 1 kolektor	$Q_{K,U}$ - 6 kolektorů	$H_{T,MĚS}$
veličina	%	kWh	kWh	kWh/m ²
leden	0,41	20,92	125,54	29,76
únor	0,51	41,80	250,83	48,16
březen	0,59	92,42	554,55	91,45
duben	0,66	130,56	783,38	116,40
květen	0,70	182,64	1095,83	152,52
červen	0,74	204,86	1229,18	163,20
červenec	0,75	210,53	1263,16	164,61
srpen	0,75	185,04	1110,24	145,08
září	0,71	135,61	813,64	111,60
říjen	0,64	72,01	432,09	66,65
listopad	0,50	27,61	165,64	32,40
prosinec	0,39	14,24	85,47	21,39
Celkem		1318,26	7909,53	1143,22

V grafu 3.1 je zobrazena velikost dopadající sluneční energie a solární zisk kolektoru Logasol SKS4.0-s na 1 m² absorpční plochy v jednotlivých měsících.



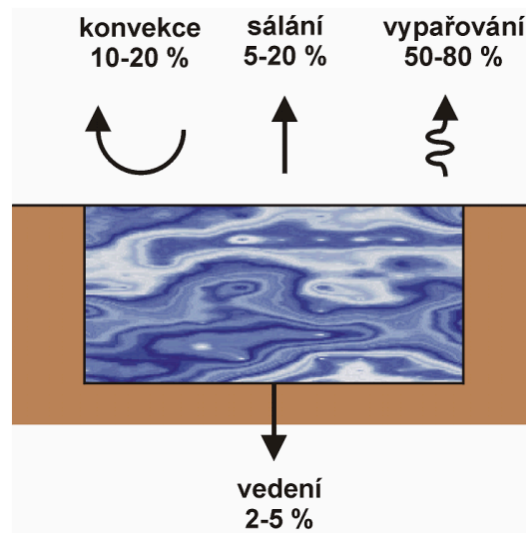
Graf. 3.1 Solární zisk kolektoru na 1m² plochy

3.2 Ztráty bazénového tělesa

Ohřev bazénové vody bude patřit mezi nejvíce energeticky náročné. Tepelné ztráty jsou dány spotřebou tepla na udržování nastavené teploty a ohřevem nově přiváděné vody na doplnění bazénu při čištění, vypařování apod.. Pro snížení ztrát bude vnitřní bazén v době, kdy se nebude využívat, zakryt fólií. Tím se sníží hodnota tepelných ztrát odparem. V interiérových bazénech je průměrná tepelná ztráta z hladiny bazénu cca 150 – 200 W/m³/hod. Při použití fólie se ztráta redukuje na 5 - 10 W/m³/hod. v závislosti na tepelných vlastnostech zákrytové fólie [8]. Pro výpočet se užíje metoda [7] pro určení jednotného výpočtu energetických přínosů solárních soustav, které jsou podporovány z dotací SFŽP ČR a Evropského fondu pro regionální rozvoj. Na obrázku 3.1 je znázorněno rozložení jednotlivých tepelných ztrát bazénu.

Tepelné ztráty bazénu:

1. přestup z vodní hladiny
 - sálání
 - proudění
 - vypařování
2. přestup tepla stěnami bazénu
3. ohřev přiváděné vody



Obr. 3.1 Typ a velikost ztrát bazénu, přejato z [8]

Tabulka 5. Provozní podmínky bazénu použité při výpočtu

Vnitřní krytý bazén	t_w [°C]	t_v [°C]	p''_v [Pa]	ϕ_v [%]	$p_{v(t_v)}$ [Pa]
Bazén v provozu	24	25	2984	60	1900
Bazén mimo provoz	24	20	2984	60	1400

Parciální tlak syté vodní páry se stanoví pro danou teplotu vzduchu dle rovnice (3.4).

$$p''_v = \exp\left(23,58 - \frac{4044,2}{235,6+t}\right) \text{ [Pa]} \quad (3.4)$$

Měsíční potřeba tepla na krytí tepelných ztrát vnitřního krytého bazénu. První část rovnice popisuje stav, kdy je bazén provozován, tudíž dochází k maximálním ztrátám. Druhá část popisuje stav, kdy je bazén zakryt a dochází ke snížení ztrát vypařováním.

$$Q_{p,z} = \frac{n}{1000} \tau_P \left[\beta_P A_P \left(p''_{V(t_{w,P})} - p_{V(t_{v,P})} \right) \frac{I_W}{3600} + \alpha_i A_b (t_{w,P} - t_{v,P}) \right] + \frac{n}{1000} (24 - \tau_P) \left[\beta_n A_b \left(p''_{V(t_{w,n})} - p_{V(t_{v,n})} \right) \frac{I_W}{3600} + \alpha_i A_b (t_{w,n} - t_{v,n}) \right] \text{ [kWh]} \quad (3.5)$$

kde

n je počet dní v měsíci;

τ_P denní provozní doba bazénu;

β_P součinitel přenosu hmoty pro vnitřní bazén při provozu, uvažuje se jednotně
 $\beta_P = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ kg/h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Pa}$;

β_n součinitel přenosu hmoty pro vnitřní bazén mimo dobu provozu, pro krytý

bazén je udává $\beta_n = 0 \text{ kg/h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Pa}$, pro nezakrytý je $\beta_n = \beta_p$;

A_p plocha vodní hladiny v m^2 ;

$t_{w,p}$ požadovaná teplota bazénové vody v době provozu ve $^\circ\text{C}$;

$t_{w,n}$ teplota bazénové vody v době mimo provozu ve $^\circ\text{C}$, uvažuje se $t_{w,n} = t_{w,p}$;

$t_{v,p}$ vnitřní teplota v bazénové místnosti v době provozu ve $^\circ\text{C}$;

$t_{v,n}$ vnitřní teplota v bazénové místnosti v době mimo provozu ve $^\circ\text{C}$;

$p_{V(t_w)}''$ tlak syté vodní páry v blízkosti hadiny bazénu při teplotě vzduchu rovné teplotě bazénové vody t_w , v Pa;

$p_{V(t_v)}$ tlak vodní páry v okolním vzduchu při teplotě t_v a vlhkosti φ_v , v Pa;

I_w výparné teplo vody, $I_w = 2,5 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$;

α_i součinitel přestupu tepla mezi okolním prostředím a hladinou bazénu sáláním a prouděním, pro daný typ uvažujeme $\alpha_i = 10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

Tabulka 6. Výpočet měsíčních ztrát bazénu přestupem tepla z vodní hladiny prouděním

měsíc	n	τ_p	β_p	A_p	$t_{w,p}$	$t_{w,n}$	$t_{v,p}$	$t_{v,n}$	$p_{V(t_w)}''$	$p_{V(t_v)}$	I_w	α_i	$Q_{p,z}$
	dny	h	$\text{kg/h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Pa}$	m^2	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$	Pa	Pa	J/kg	$\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$	kWh
leden	31	4	1,6E-04	27	24	24	28	24	2984	1900	2,5E+06	10	269,3
únor	28	4	1,6E-04	27	24	24	28	24	2984	1900	2,5E+06	10	243,3
březen	31	5	1,6E-04	27	24	24	28	24	2984	1900	2,5E+06	10	336,7
duben	30	6	1,6E-04	27	24	24	28	24	2984	1900	2,5E+06	10	391,0
květen	31	6	1,6E-04	27	24	24	28	24	2984	1900	2,5E+06	10	404,0
červen	30	8	1,6E-04	27	24	24	28	24	2984	1900	2,5E+06	10	521,3
červenec	31	8	1,6E-04	27	24	24	28	24	2984	1900	2,5E+06	10	538,7
srpen	31	8	1,6E-04	27	24	24	28	24	2984	1900	2,5E+06	10	538,7
září	30	6	1,6E-04	27	24	24	28	24	2984	1900	2,5E+06	10	391,0
říjen	31	6	1,6E-04	27	24	24	28	24	2984	1900	2,5E+06	10	404,0
listopad	30	4	1,6E-04	27	24	24	25	24	2984	1900	2,5E+06	10	260,6
prosinec	31	4	1,6E-04	27	24	24	25	20	2984	1900	2,5E+06	10	269,3
CELKEM													4568

Další potřeba tepla na krytí ztrát je závislá na počtu osob, které bazén využívají. V tomto případě se jedná o soukromý bazén, který bude využíván nerovnoměrně 6 osobami. Měsíční potřeba tepla na ohřev nové studené vody je rovněž dán čištěním filtrace. Toto závisí na užití technologii filtrace a na frekvenci čištění, což je velmi individuální. Proto tato hodnota ztrát nebude zohledňovat. Udávaná rovnice (3.6) popisuje potřebu tepla na ohřev čisté studené vody v kWh/měsíc.

$$Q_{p,SV} = nk \frac{V_{SV,os} \rho c (t_W - t_{SV})}{3,6 \cdot 10^6} \quad [kWh] \quad (3.6)$$

kde

k je počet využívajících osob

$V_{SV,os}$ měrná potřeba čisté vody na jednu osobu v bazénu v m^3/os ; množství vody se udává jednotně 30 l/os;

ρ hustota vody v kg/m^3 ;

c měrná tepelná kapacita vody, $c = 4180 \text{ J/kgK}$;

t_W teplota bazénové vody, v tomto případě $t_W = 24^\circ\text{C}$;

t_{SV} teplota napouštěné vody, v tomto případě $t_{SV} = 10^\circ\text{C}$;

Tabulka 7. Výpočet měsíčních ztrát ohřevem čisté studené vody

měsíc	n	k	$V_{SV,os}$	ρ	c	t_W	t_{SV}	$Q_{p,SV}$
	dny	osoby	m^3	kg/m^3	J/kg.K	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$	kWh
leden	31	4	0,03	995,6	4180	24	10	60,20
únor	28	4	0,03	995,6	4180	24	10	54,38
březen	31	5	0,03	995,6	4180	24	10	75,26
duben	30	6	0,03	995,6	4180	24	10	87,39
květen	31	6	0,03	995,6	4180	24	10	90,31
červen	30	6	0,03	995,6	4180	24	10	87,39
červenec	31	6	0,03	995,6	4180	24	10	90,31
srpen	31	6	0,03	995,6	4180	24	10	90,31
září	30	6	0,03	995,6	4180	24	10	87,39
říjen	31	5	0,03	995,6	4180	24	10	75,26
listopad	30	4	0,03	995,6	4180	24	10	58,26
prosinec	31	3	0,03	995,6	4180	24	10	45,15
CELKEM								901,61

Poslední typ tepelných ztrát je závislý na konstrukci, z jaké je bazénové těleso vyrobeno. Jedná se o ztráty do okolního prostředí přes stěny a dno bazénu. V tomto případě je konstrukce bazénu z nerezového plechu o síle 3 mm. Těleso je zapuštěno do podlahy, stěny nejsou izolovány, po celém obvodu je šachta pro technologie o šířce 50 cm. Dno bazénu leží na extrudovaném polystyrénu o síle 5 cm a betonové podlaze o síle 30 cm.

Tepelné ztráty dané prostupem dnem bazénu se vypočítají dle následujícího vztahu:

$$Q_{p,DNO} = \frac{n}{1000} \alpha_{Cdno} A (t_W - t_0) \quad [kWh] \quad (3.7)$$

$$\alpha_{Cdno} = \frac{1}{R_Z + \frac{d_{IZ1}}{\lambda_{IZ1}} + \frac{d_{IZ2}}{\lambda_{IZ2}} + \frac{d_{IZ3}}{\lambda_{IZ3}}} \quad [W/m^2 \cdot K] \quad (3.8)$$

α_{Cdno} součinitel tepelného prostupu dnem bazénu v $W/m^2 \cdot K$;

R_Z tepelný odpor země, zde počítáno s $R_Z = 0,5 \text{ m}^2 \cdot K/W$;

d_{IZ1} tloušťka nerezového plechu, $d_{IZ1} = 0,003 \text{ m}$;

λ_{IZ1} tepelná vodivost nerez, $\lambda_{IZ1} = 33 \text{ W/m} \cdot K$;

d_{IZ2} tloušťka polystyrénu, $d_{IZ2} = 0,05 \text{ m}$;

λ_{IZ2} tepelná vodivost polystyrénu, $\lambda_{IZ2} = 0,033 \text{ W/m} \cdot K$;

d_{IZ3} tloušťka betonové podlahy, $d_{IZ3} = 0,3 \text{ m}$;

λ_{IZ3} tepelná vodivost betonu, $\lambda_{IZ3} = 1,57 \text{ W/m} \cdot K$;

Po dosazení hodnot do rovnice (3.8) vychází součinitel tepelného prostupu dnem bazénu $\alpha_{Cdno} = 0,586 \text{ W/m}^2 \cdot K$. Tuto hodnotu dosadíme do rovnice (3.7) a získáme měsíční ztrátu dnem bazénu. Budeme předpokládat, že ztráta je konstantní po celý rok. Měsíční ztráta tepla $Q_{p, DNO} = 1,89 \text{ kWh}$ resp. $22,68 \text{ kWh/rok}$.

Tepelné ztráty prostupem skrz stěny se vypočítají obdobným způsobem jako prostup dnem. Bude počítáno s tím, že teplota vzduchu v šachtě okolo stěn bazénu bude totožná jako teplota vody. Tyto ztráty tedy zanedbáme, protože jsou oproti ostatním minimální. Celkové ztráty bazénu jsou $5,65 \text{ MWh/rok}$.

3.3 Ohřev zásobníku

Zásobník využívá 5 členná rodina, kdy teplota vody v zásobníku je 50°C . Vstupní studená voda má 10°C . Uvažuje se, že spotřeba je konstantní po celý rok. Denně je tudíž potřeba 300 litrů teplé vody. Výpočet spotřeby tepla se rozdělí na dvě části pro letní a zimní měsíce. Rozdíl je v teplotě vstupní vody z vodovodního řadu.

Výpočet pro spotřebu tepla TUV za den je následující:

$$Q_{TUV,den} = (1 + z) \frac{\rho \cdot c \cdot V_S \cdot (t_2 - t_1)}{3600} \quad [kWh] \quad (3.9)$$

kde

z je koeficient ztrát systému (pro nové domy $z=0,5$);

V_S objem spotřebované vody ($0,3 \text{ m}^3/\text{den}$);

t_1 teplota studené vody ($t_1=12^\circ\text{C}$);

- t_2 teplota ohřáté vody ($t_2=50^\circ\text{C}$);
 c měrná tepelná kapacita vody ($c=4168 \text{ J/kg.K}$);
 ρ měrná hmotnost vody $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$;

po dosazení:

$$Q_{TUV,den} = (1 + 0,5) \frac{1000 \cdot 4168 \cdot 0,3 \cdot (50-12)}{3600} = 19,798 \quad [\text{kWh}] \quad (3.10)$$

Denní spotřeba tepla pro ohřev teplé vody je 19,798 kWh.

Výpočet spotřeby tepla za rok je následující:

$$Q_{TUV,rok} = Q_{TUV,den} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,den} \frac{t_2 - t_{SVI}}{t_2 - t_{SVZ}} \cdot (N - d) \quad [\text{kWh}] \quad (3.11)$$

kde

N je počet pracovních dní soustavy, $N=365$;

d délka zimního období, $d= 180$;

t_{SVI} teplota studené vody v létě, $t_{SVI} = 10^\circ\text{C}$;

t_{SVZ} teplota studené vody v zimě, $t_{SVZ} = 5^\circ\text{C}$;

po dosazení:

$$Q_{TUV,rok} = 19,798 \cdot 180 + 0,8 \cdot 19,798 \frac{50-10}{50-5} \cdot (365 - 180) = 6,168 \quad [\text{MWh}] \quad (3.12)$$

Tabulka 8. Měsíční spotřeba tepla pro bazén a zásobník TUV

měsíc	$Q_{p,SV}$	$Q_{p,DNO}$	$Q_{p,z}$	Q_{TUV}	Celkem
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
leden	60,20	1,89	269,33	523,86	795,08
únor	54,38	1,89	243,26	473,16	718,32
březen	75,26	1,89	336,66	523,86	862,41
duben	87,39	1,89	390,96	506,96	899,81
květen	90,31	1,89	403,99	523,86	929,74
červen	87,39	1,89	521,28	506,96	1030,13
červenec	90,31	1,89	538,66	523,86	1064,40
srpen	90,31	1,89	538,66	523,86	1064,40
září	87,39	1,89	390,96	506,96	899,81
říjen	75,26	1,89	403,99	523,86	929,74
listopad	58,26	1,89	260,64	506,96	769,49
prosinec	45,15	1,89	269,33	523,86	795,08

V tabulce 8. jsou zaznamenány celkové energetické potřeby tepla bazénu a zásobníku pro jednotlivé měsíce.

4 Optimalizace provozu

Pro uvedený solární systém lze navrhnout různé optimalizace provozu. Na tento problém lze nahlížet dvěma možnými způsoby. První variantou je optimalizace systému bez použití jiných technologických zařízení, tedy využití dostupných možností. Může to být optimalizace nastavení sklonu a natočení kolektorů. Navržený systém kopíruje sklon střechy a nebylo s tím uvažováno. Další možností je upravení spotřeby TUV v závislosti na zisku solární energie. Tento krok je ale zásahem do komfortu uživatele a není zřejmé, zda by na toto řešení přistoupil. Druhá varianta je doplnění stávajícího solárního systému o jiné technologické zařízení, které by v případě nedostatku solární energie dodávalo potřebné teplo pro ohřev. Pro účel ohřevu vody se nabízí varianta užití tepelného čerpadla typu vzduch/voda. Tepelné čerpadlo lze zvolit jako přímo bazénové, které je výrazně levnější, ale nevýhodou je nefunkčnost při nízkých teplotách od cca 7°C. Alternativou k bazénovému tepelnému čerpadlu je využití standartního tepelného čerpadla vzduch/voda, které funguje i při teplotách přes -10°C. Další výhodou je vyšší teplotní výstupní teplota z tepelného čerpadla a možnost ohřevu TUV. Zásadní nevýhodou je vysoká pořizovací cena, řádově trojnásobná.

4.1 Změna sklonu solárních kolektorů

Pro solární kolektory, kde je požadavek celoročního využití, je vhodný optimální sklon 45°, protože se rozloží využití solární energie na celý rok. V tomto případě je sklon kolektorů 30° a azimut +30°. Natočením na jih (0°) a upravením sklonu na 45° dojde k poklesu přebytků v letních měsících, naopak se zvýší zisky v zimních měsících, protože je Slunce vysoko nad obzorem. Změna se týká kotevní konstrukce kolektoru, kdy se pomocí závitových tyčí nastaví požadovaný sklon a azimut. Detail možného konstrukčního řešení upevnění solárního panelu je na obrázku č. 4.1. Následující tabulka 9 zobrazuje rozložení tepelných zisků po úpravě konstrukce solárního systému a navýšení ΔQ proti stávajícímu řešení.



Obr. 4.1 Úprava naklonění solárního kolektoru, přejato z [8]

Tabulka 9. Měsíční zisk tepla po optimalizaci natočení kolektorů

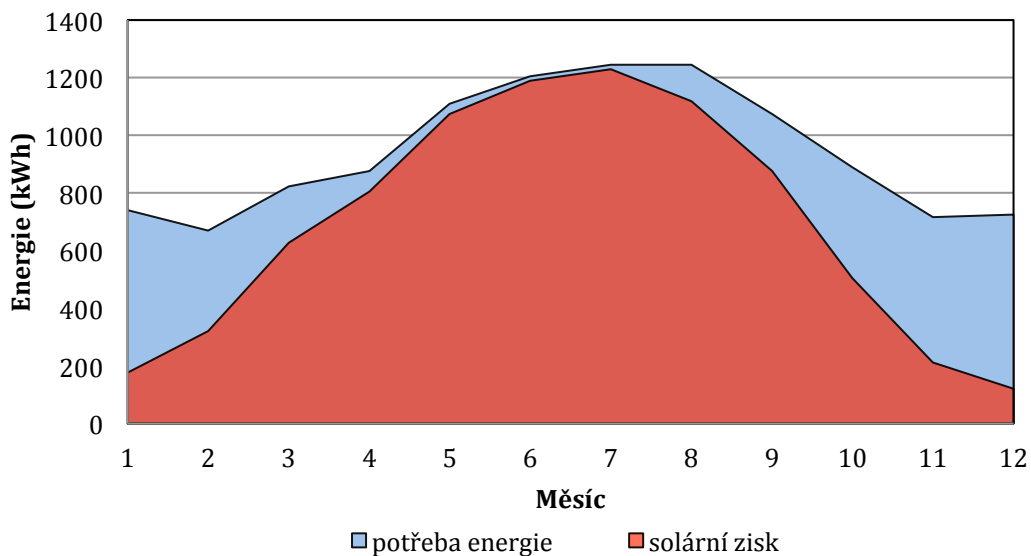
měsíc	η_K	$Q_{K,U}$ - 1 kolektor	$Q_{K,U}$ - 6 kolektorů	ΔQ
	%	kWh	kWh	kWh
leden	0,51	29,38	176,28	50,74
únor	0,57	53,31	319,84	69,01
březen	0,62	104,55	627,31	72,76
duben	0,66	134,36	806,14	22,76
květen	0,70	179,02	1074,13	-21,70
červen	0,73	198,21	1189,26	-39,92
červenec	0,75	205,03	1230,17	-32,99
srpen	0,75	186,42	1118,52	8,28
září	0,72	145,91	875,48	61,84
říjen	0,67	84,25	505,50	73,41
listopad	0,57	35,18	211,09	45,45
prosinec	0,49	20,09	120,54	35,07
Celkem kWh/rok		1375,70	8254,25	344,70

Z tabulky 9 je patrné, že se snížila hodnota ΔQ využití solární energie v letních měsících, kdy je přebytek. Naopak v zimních měsících se zvýšil zisk, což je žádoucí.

4.2 Snížení spotřeby TUV

Další možností je snížení spotřeby TUV. Uvedené řešení je ekonomicky nenáročné, je zde však zásah do komfortu bydlení. V letních měsících je mírný přebytek energie, snížení spotřeby na 200 litrů bude od října do dubna. Omezením provozní doby bazénu v zimních měsících na polovinu sníží energetické ztráty o 1,25 MWh/rok. Z grafu 4.1 je patrné rozložení solárních zisků při snížení denní spotřeby TUV na 200 litrů. Od 4 do 9 měsíce je tepelný zisk

dle předpokladů dostatečný s mírnými přebytky. V zimních měsících musí být systém doplněn o plynový kotel. Solární pokrytí je při této konfiguraci cca 78,5%.



Graf 4.1 Spotřeba/solární zisk energie v průběhu roku

4.3 Optimalizace pomocí bazénového TČ vzduch/voda

Jinou možností optimalizace provozu je doplnit solární systém o tepelné čerpadlo. Tepelné čerpadlo země/voda zde nemohlo být využito, proto se nabízí možnost využití TČ vzduch/voda, které sice nemá tak velký výkon v zimních měsících na pokrytí spotřeby tepla pro celý dům, ale jako doplňkový zdroj je zcela dostatečné. Velikost tepla, které je potřebné dodat do soustavy při původní spotřebě TUV 300 litrů a ohřevu bazénové vody, bez problému dodá TČ IVT air 50, typu vzduch/voda. Dle výrobce je garantovaná provozuschopnost zařízení až do -20°C . Při výpadku solární energie by TČ bylo schopné částečně ohřívat i TUV, protože maximální výstupní teplota je 65°C . V tabulce 10 jsou uvedeny charakteristické parametry tepelných čerpadel IVT AIR vzduch/voda.

Tabulka 10. technické parametry TČ IVT AIR typu vzduch/voda

TEPELNÉ ČERPADLO - venkovní jednotka		IVT AIR 50	IVT AIR 70	IVT AIR 90	IVT AIR 120	IVT AIR 150
Výkon při 7°C/35°C	kW	5,9	7,6	8,8	12,9	14,4
Příkon	kW	1,4	2,1	2,4	3,4	3,8
Topný faktor při 7°C/35°C		3,9	3,6	3,7	3,8	3,8
Výkon při 7°C/45°C	kW	5,6	7,9	9,9	14,3	15,9
Příkon	kW	1,7	2,5	2,9	4,2	4,8
Topný faktor při 7°C/45°C		3,3	3,2	3,4	3,4	3,3
Výkon při -7°C/35°C	kW	2,9	5,2	6	7,7	10,2
Příkon	kW	1,4	2	2,3	3,1	3,8
Topný faktor při -7°C/35°C		2,1	2,6	2,6	2,5	2,7
Nominální průtok na tepelném okruhu	l/s	0,19	0,29	0,34	0,47	0,55
Tlaková ztáta na tepelném okruhu	kPa	5	5	7	7	8
Průtok vzduchu	m ³ /h	2200			5500	
Ventilátor	A	0,44 A/230 V			0,7 A/400 V	
Elektrické zapojení		400 V, N3 - 50 Hz				
Jistič pro tepelné čerpadlo	A	10			16	
Hmotnost	kg	140	144	152	230	232
Připojení na tepelném okruhu		G1*vnitřní závit			G1*vnější závit	
Připojení dvou kondenzátorů		Plast 32 mm				
Množství chladiva R 407 C	kg	2,5	2,6	2,95	3,2	3,5
Rozměry	mm	840x665x1223			931x724x1629	
Odtávání		Horkým plynem přes čtyřcestný ventil				
Kompresor		Mitsubishi Scroll				
Max. výstupní teplota topné vody	°C	65°C (při teplotách nad -15°C)				
Minimální provozní teplota	°C					
Hladina akustického tlaku Lp3	dB(A)	49,9			56,9	
Hladina akustického výkonu Lw	dB(A)	64,9			72,6	
Opláštění		Galvanicky prokovený lakovaný plech				
Softstarter		ANO				

Pro zvolenou situaci postačí tepelné čerpadlo IVT AIR 50. Z dlouhodobých měření ČHMÚ zjistíme průměrné teploty pro měsíce, kdy je nedostatek solární energie. Průměrný topný faktor TČ je pro celé roční období přibližně 3. Aby došlo k pokrytí celkových tepelných ztrát, je nutné aby TČ vyprodukovalo 3,106 MWh/rok. Při zhoršených klimatických podmínkách by se hodnota zvyšovala dle potřeby. Protože TČ má poměrně malý příkon, není potřeba měnit přívodní kabely do rozvaděče domu. Při změně tarifu elektřiny na D56d by cena 1 kWh při vysokém tarifu stála 2,62 Kč.

5 Bilance solárního systému

V této části práce je provedeno zhodnocení jednotlivých úprav solárního systému z ekonomického a energetického hlediska. Důležitým faktorem je také životnost jednotlivých komponent systému popř. jejich servisní údržba. Popisovaný solární systém ročně vyrobí přibližně 7,9 MWh. Je nutné kalkulovat se servisními náklady. Životnost jednotlivých komponent je dle údajů výrobce zobrazena v následující tabulce.

Tabulka 11. Udávaná životnost nejdůležitějších komponent solárního systému

Komponent	životnost dle výrobce (roky)	servisní náklady za 20 let
Deskový kolektor SKS4.0	20	0 Kč
Solární kapalina	5	42840 Kč
Oběhové čerpadlo	10	3200 Kč
Solární zásobník	20	0 Kč

Solární kolektory by měly plnit funkci i po době životnosti, pravděpodobně se sníženou účinností. Velký vliv na to má vhodně zvolená dimenzace systému. Pokud by v letních měsících docházelo k výraznému a dlouhodobému přehřívání, snižuje se životnost solární kapaliny i deskových kolektorů. Celkové náklady na provoz po dobu 20 let vychází 46 040 Kč. Cena neobsahuje kontrolu a výměnu teplotních čidel a jiného drobného materiálu, kde se nedá přesně odhadnout životnost. Tabulka 12 ukazuje ekonomickou návratnost solárního systému při zohlednění pouze investičních nákladů. Při výrobcem udávané účinnosti plynového kotle Buderus vychází roční úspora energie 11 765 Kč. Při meziročním zvýšení cen zemního plynu o 5 % vychází doba diskontní návratnosti systému 20,6 roku. Při započtení servisních nákladů se návratnost zvýší na přibližně 25 let.

Tabulka 12. Návratnost solární soustavy ve stávajícím provedení

Celkový využitý zisk soustavy	7 909	kWh/rok
Investiční náklady	441 278	Kč
Růst cen energie (zemního plynu)	5	%
Cena zemního plynu	1,44	Kč/kWh
Účinnost hlavní zdroje tepla	96,8	%
Roční úspora	11 765	Kč
Prostá doba návratnosti	37,5	let
Diskontní doba návratnosti	20,6	let

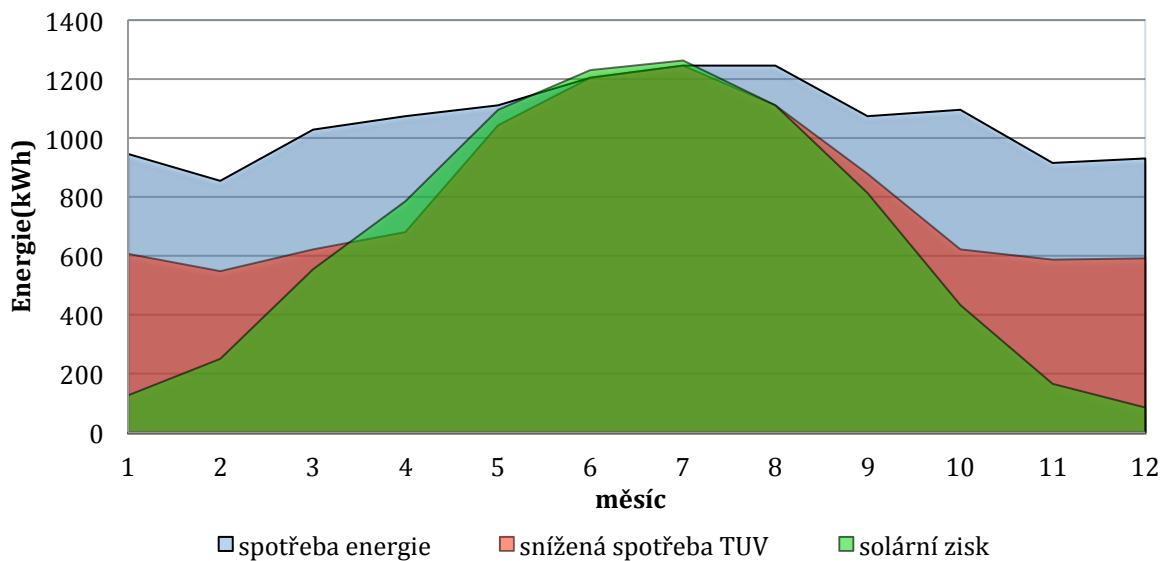
5.1 Optimalizace spotřeby TUV

Tento krok z ekonomického hlediska nepředstavuje žádné finanční navýšení. Je zde ztráta komfortu uživatele. Je navrženo, že v období od října do března dojde ke snížení spotřeby TUV z 300 litrů na 200 litrů. Dále dojde ke snížení denního využívání vnitřního bazénu τ_P , čímž se sníží výrazně ztráty odparem, konkrétně o 1,25 MWh za rok. Všechny tyto změny jsou znázorněny v tabulce 13. V letních měsících by solární systém měl poskytovat dostatečnou tepelnou energii. $\Delta Q_{P,Z}$ udává tepelné úspory pro bazén resp. ΔQ_{TUV} pro spotřebu TUV.

Tabulka 13. Porovnání stávajících a navržených tepelných ztrát pro bazén a TUV

měsíc	n	τ_P	τ_P optimal	$Q_{P,Z}$	$Q_{P,Z}$ optimal	$\Delta Q_{P,Z}$	Q_{TUV}	Q_{TUV} optimal	ΔQ_{TUV}	ΔQ
	dny	h/den	h/den	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
leden	31	4	2	269,3	134,7	134,7	613,7	409,2	204,6	339,2
únor	28	4	2	243,3	121,6	121,6	554,3	369,6	184,8	306,4
březen	31	5	2	336,7	134,7	202,0	613,7	409,2	204,6	406,6
duben	30	6	3	391,0	195,5	195,5	593,9	396,0	198,0	393,5
květen	31	6	5	404,0	336,7	67,3	613,7	613,7	0,0	202,0
červen	30	8	8	521,3	521,3	0,0	593,9	593,9	0,0	130,3
červenec	31	8	8	538,7	538,7	0,0	613,7	613,7	0,0	0,0
srpen	31	8	6	538,7	404,0	134,7	613,7	613,7	0,0	0,0
září	30	6	3	391,0	195,5	195,5	593,9	593,9	0,0	0,0
říjen	31	6	2	404,0	134,7	269,3	613,7	409,2	204,6	204,6
listopad	30	4	2	260,6	130,3	130,3	593,9	396,0	198,0	328,3
prosinec	31	4	2	269,3	134,7	134,7	613,7	409,2	204,6	339,2
CELKEM				4567	2982	1586	7226	5827	1399	2985

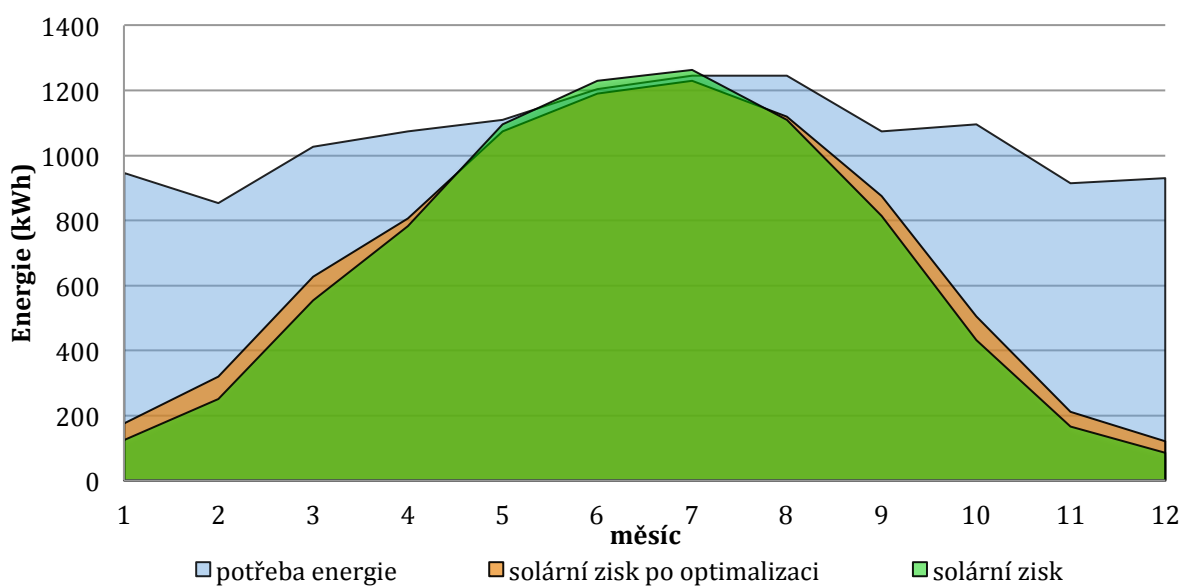
Při takto navržené úpravě dojde ke snížení nákladů na provoz plynového kotle od místního distributora při ceně 1,44 Kč/kWh o 3 816 Kč/rok. V grafu 5.1 je je snížení spotřeby graficky znázorněno v jednotlivých měsících.



Graf 5.1 Snížená spotřeba TUV v průběhu roku

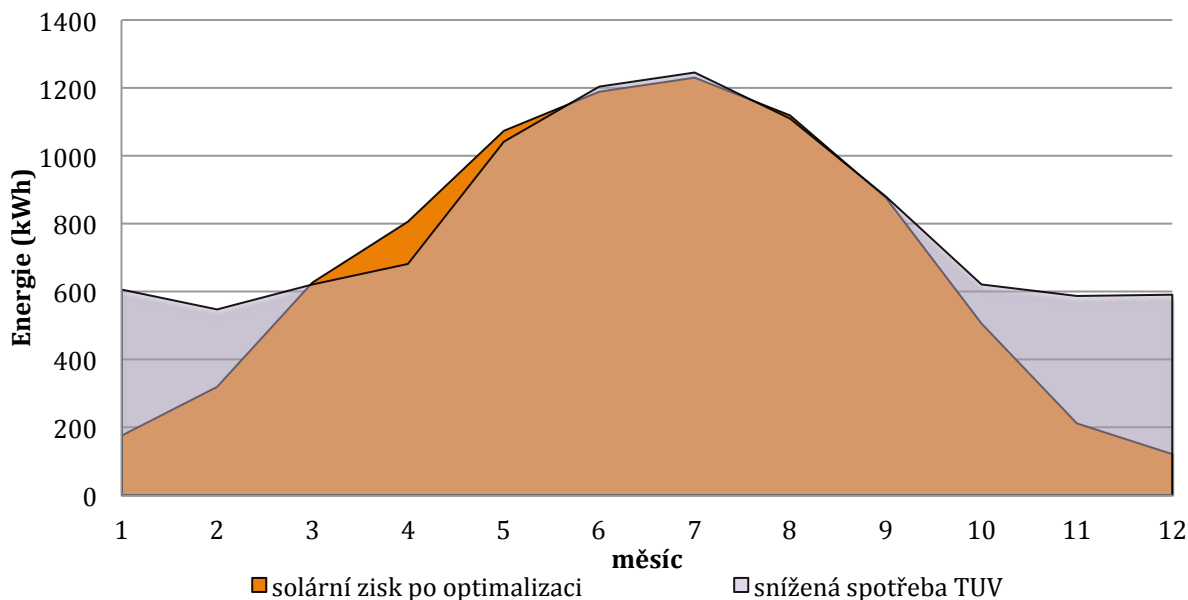
5.2 Úprava pozice solárních kolektorů

Tato optimalizace zahrnuje výměnu/úpravu nosné konstrukce solárních kolektorů a úpravu hydraulického rozvodu. Cenový odhad je řádově 20 000 Kč. Touto úpravou dojde k navýšení ročního zisku solární energie o 344 kWh a snížení nákladů na vytápění plynovým kotlem o 512 Kč/rok. Dojde k mírnému snížení odběru elektrické energie pro kondenzační plynový kotel. Po zhodnocení nákladů a výnosů při této optimalizaci dojdeme k podobné návratnosti jako stávající řešení. Pokud by se při návrhu použila tato varianta, klesla by doba návratnosti na 19 let.



Graf 5.2 Optimalizace pozice solárních kolektorů

Pokud se bude uvažovat optimalizace polohy solárních kolektorů ve spojení se sníženou spotřebou teplé vody, dojde ke zvýšení pokrytí výroby TUV na 81,98 % ze strany solárních kolektorů a snížení finančních nákladů o 4 328 Kč/rok oproti stávajícímu provedení.



Graf 5.3 Optimalizace pozice solárních kolektorů a snížená spotřeba TUV

5.3 Instalace tepelného čerpadla

Investice do TČ představuje nejvyšší finanční náklady. Je zde však možnost dodávky tepla i v zimních měsících a za nepřízně počasí. Další výhodou je, že TČ funguje i v noci. Náklady na dodávku TČ vychází na cca. 110 000 Kč a instalace cca. 10 000 Kč. Pokud se bude uvažovat pouze teplo nutné pro pokrytí ohřevu bazénové vody a TUV v kombinaci se solárními kolektory, je nutné dodat 4,809 MWh/rok. TČ poběží pouze v noci na nízký tarif. Ekonomická bilance je zobrazena v tabulce 14.

Tabulka 14. Návrhová návratnost tepelného čerpadla IVT vzduch/voda

Celkový využitý zisk soustavy	4 809	kWh/rok
Doba životnosti projektu	20	let
Investiční náklady	120 000	Kč
Růst cen elektřiny	5	%
Cena elektřiny	2,3	Kč/kWh
Topný faktor (průměr)	3	-
Roční úspora	3 239	Kč
Diskontní doba návratnosti	35	let

Z tabulky je jasné patrné, že tato varianta má dobu návratnosti 35 let. Při srovnání nákladů na 1 kWh vychází TČ 0,85 Kč/kWh při topném faktoru 3 resp. 1,44 Kč/kWh při využití plynového kondenzačního kotle. Toto navržené řešení je z ekonomického hlediska nevýhodné. Instalace TČ se vyplatí pouze tehdy, pokud se jedná o hlavní zdroj tepla. Následující tabulka 15 zobrazuje srovnání kondenzačního plynového kotle s TČ země/voda, které má vyšší topný faktor. Cenový rozdíl činí 135 000 Kč.

Tabulka 15. Cenový rozdíl mezi instalací plynového kotle a tepelného čerpadla

RD s tepelnou ztrátou 10 kW, s podlahovým vytápěním a 4 obyvateli	plynový kondenzační kotel	TČ IVT GREENLINE LC C7 země/voda
Cena zařízení včetně ekvitermní regulace	53 000 Kč	182 000 Kč
Zásobník TUV 200 l	23 100 Kč	v ceně
Montáž, revize, uvedení do provozu	16 000 Kč	70 000 Kč
Odkouření	9 000 Kč	0 Kč
Vnější a vnitřní plynovod	33 000 Kč	0 Kč
Plynová přípojka	30 000 Kč	0 Kč
Montáž zemního kolektoru	0 Kč	35 000 Kč
CELKOVÉ NÁKLADY	164 100 Kč	287 000 Kč

Instalace TČ dokáže ušetřit přibližně 45 – 50 % z celkových provozních nákladů domu jak je znázorněno v tabulce 16. Při cenovém zvýhodnění přibližně 31 000 Kč ročně se cenové náklady srovnají po 5 letech. V dalších letech již dochází k výrazné úspoře nákladů. V tomto konkrétním případě, kdy se nejedná o hlavní zdroj tepla je doba návratnosti neúměrně vysoká a nevyplatí se.

Tabulka 16. Cenový rozdíl plateb při použití plynového kotle a tepelného čerpadla

RD s tepelnou ztrátou 10 kW, s podlahovým vytápěním a 4 obyvateli	plynový kondenzační kotel	TČ IVT GREENLINE LC C7 země/voda
Spotřeba tepla na vytápění 19 MWh	26 493 Kč	12 255 Kč
Spotřeba tepla na ohřev teplé vody 4 MWh	5 578 Kč	3 458 Kč
Spotřeba ostatní elektřiny	21 437 Kč	11 901 Kč
Paušální platba za elektřinu	1 642 Kč	5 255 Kč
Paušální platba za plyn	8 819 Kč	0 Kč
CELKEM	63 969 Kč	32 869 Kč

Závěr

Tato diplomová práce měla za úkol navrhnout možné optimalizace pro stávající solární systém, který byl dimenzován pro ohřev vnitřního bazénu a ohřev teplé vody. Úvod práce se věnuje obecně možnostem využití solárního záření.

Je zde navrženo řešení vytápění bazénu solárními kolektory, které je náhradou za původní tepelné čerpadlo, které z geologických důvodů nemohlo být instalováno. Výpočet potřebného tepla je popsán metodikou zjednodušeného bilančního výpočtu energetických přínosů solárních soustav, který je podporován v rámci dotačních titulů ze SFŽP ČR, který slouží při žádostech o dotaci z fondu Zelená úsporám. Je použito 6 vakuových deskových kolektorů firmy Buderus, které zajišťují celoroční dodávku tepla pro rodinný dům. Při stávající konfiguraci se solární systém podílí 62,18 % na dodávce tepla.

Jako možné optimalizace byly navrženy 3 řešení. První je snížení spotřeby teplé vody, dále úprava naklonění kolektorů a poslední možností je doplnit solární soustavu a tepelné čerpadlo. Snížením spotřeby teplé vody dojde ke zvýšení podílu tepla ze solární soustavy na 78,55 %. Je ale snížen komfort uživatele. Při úpravě naklonění kolektorů dojde ke zvýšení dodávky tepla o 344,7 kWh/rok a využití ze 64,9 %. Pokud by došlo při úpravě naklonění kolektorů v kombinaci se snížením spotřeby, solární soustava se bude podílet 81,98 % na dodávce teplé vody. Varianta s doplněním systému o tepelné čerpadlo vychází neekonomicky. Ekonomická návratnost stávajícího systému vychází 20,6 let. Při úpravě naklonění kolektorů klesne návratnost systému na 19 let.

Výsledkem této práce je fakt, že popisovaný solární systém lze optimalizovat po ekonomické a energetické stránce pouze v řádu jednotek procent a požadovaný efekt se projeví nepatrně. Jsou použity špičkové komponenty v celém systému a pro uživatele je nejvýhodnější upravit spotřebu teplé vody v závislosti na solárním zisku. Toto řešení nevyžaduje žádné dodatečné investiční náklady a je zde přibližně 16% úspora energie na ohřev TUV. Protože uvedený solární systém je nový a funguje krátkou dobu, nebylo možné využít reálná data energetických zisků a porovnat je s vypočtenými hodnotami.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Velux[online]. Dostupné z WWW: <<http://www.velux.cz/spolecnost/novinky/tz-2010-11-25-slunecni-dum-otevren.aspx>>
- [2] Quaschnig, V., Obnovitelné zdroje energií, 1. vyd. Praha: Grada, 2010, 296 s.
ISBN 978-80-247-3250-3
- [3] MATUŠKA, T., Multifunkční solární kolektory pro integraci do budov, In: TZB Haustechnik. Roč. 1, č. 1, s. 38-41, 2008
- [4] DUPEYRAT, P., MÉNÉZO, CH., ROMMEL, M., HENNING, H. Efficient single glazed flat plate photovoltaic-thermal hybrid collector for domestic hot water system. In: Solar energy. Vol. 85, No. 5, pp. 1457-1468, 2011
- [5] MATUŠKA, T., Solární soustavy pro bytové domy, 1. vyd. Praha: Grada, 2010, 136 s.
ISBN 978-80-247-3503-0
- [6] Buderus [online]. Dostupné z WWW: <<http://www.buderus.cz/>>
- [7] SFŽP [online]. Dostupné z WWW: <<http://www.sfzp.cz/>>
- [8] Abazeny [online]. Dostupné z WWW: <<http://www.abazeny.cz/>>
- [9] MATUŠKA, T., Alternativní zdroje energie [online]. C2010, poslední revize 2010 [cit.2014-10-3].Dostupné z WWW:
<http://users.fs.cvut.cz/~matustom/skripta_AZE_FS.pdf/>
- [10] MATUŠKA, T., Solární zařízení v příkladech, 1. vyd. Praha: Grada, 2013, 256 s.
ISBN 978-80-247-3525-2
- [11] MATUŠKA, T., Zjednodušený výpočtový postup energetického hodnocení, 1. vyd. Praha, 2009, 13 s. Dostupné z WWW: http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/14/4497-metodika_bilance_ss.pdf

Internetové zdroje:

- [12] www.tzb-info.cz
- [13] www.ekowatt.cz
- [14] www.reflexcz.cz

Přílohy

- Příloha č.1 Cenový rozpočet solárního systému
- Příloha č.2 Technický list solárního deskového kolektoru Buderus Logasol SKS4.0-s
- Příloha č.3 Srážka tepelných zisků solárních kolektorů vlivem tepelných ztrát
- Příloha č.4 Solární zásobník Logalux SM500
- Příloha č.5 Složení solárního kolektoru Buderus Logasol SKS4.0-s
- Příloha č.6 Kompletní stanice Logasol KS0110 + regulator LOGAMATIC SC40
- Příloha č.7 Střední denní sluneční záření pro daný sklon a azimut kolektoru pro charakteristickou oblast město
- Příloha č.8 Teoreticky možná sluneční energie celkového záření dopadající za den pro charakteristickou oblast město
- Příloha č.9 Schéma zapojení solárního a topného systému pro měření a regulaci
- Příloha č.10 Technické parametry expanzních nádob REFLEX
- Příloha č.11 Teplotní čidlo kolektoru
- Příloha č.12 Vnitřní nerezový bazén, rozměry 9x3 m

Příloha č.1 Cenový rozpočet solárního systému

ROZPOČET

Stavba: Dostavba RD, Plzeň

Objekt: Solární systém - Dostavba RD

JKSO:

EČO:

Objednatel:

Zpracoval: Šimice Vlastislav

Zhotovitel:

Datum: 28.10.2013

P. Č.	Kód položky	Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celkem
1	2	3	4	5	6	7

PSV Práce a dodávky PSV**713 Izolace tepelné**

1	713463411	Montáž izolace tepelné potrubí a ohybů návlekovými izolačními pouzdry	m	99,000	9,50	940,50
2	813100104	Tep.izolace AEROFLEX EPDM kaučuk 19x22 tl. 19 mm (pro solární systémy; rozříznutá, samolepicí)	m	99,000	219,00	21 681,00

731 Ústřední vytápění - kotelny

3	731731008	Montáž solárních kolektorů	ks	6,000	5 000,00	30 000,00
---	-----------	----------------------------	----	-------	----------	-----------

732 Ústřední vytápění - strojeovny

4	732111346	Montáž solární instalační jednotky	ks	1,000	1 200,00	1 200,00
5	800119203	BUDERUS - Deskový kolektor LOGASOL SKS 4.0-s	ks	6,000	19 800,00	118 800,00
6	800119210	BUDERUS - Připojovací sada SKS4.0	ks	1,000	4 850,00	4 850,00
7	800119211	BUDERUS - Základní sada SKS4.0 na ploché střechy	ks	1,000	6 340,00	6 340,00
8	800119212	BUDERUS - Rozšiřovací sada SKS4.0 na ploché střechy	ks	5,000	6 990,00	34 950,00
9	800119209	BUDERUS - Odvzdušňovací sada SKS4.0	ks	1,000	2 570,00	2 570,00
10	800119236	BUDERUS - Solární regulátor LOGAMATIC SC 40	ks	1,000	10 660,00	10 660,00
11	800119239	BUDERUS - Kompletní solární stanice LOGASOL KS 0110	ks	1,000	13 550,00	13 550,00
12	800119243	BUDERUS - Odlučovač vzduchu LA1 pr. 22 mm	ks	1,000	1 892,00	1 892,00
13	800119223	BUDERUS - Solární zás.obhříváč TV LOGALUX SM 500 W (bílá barva)	ks	1,000	34 900,00	34 900,00
14	8001192461	BUDERUS - Solární kapalina SOLARFLUID LS, 20 litrů (hotová směs)	sb	3,000	3 570,00	10 710,00
15	800119259	BUDERUS - Záchytná nádoba na nemrznoucí směs	ks	1,000	125,00	125,00
16	800119254	BUDERUS - Solární expanzní nádoba MAG 50; objem 50 litrů	l	1,000	5 868,00	5 868,00
17	800119257	BUDERUS - AAS/Solar připojovací vedení k EN	ks	1,000	3 990,00	3 990,00
18	800119237	BUDERUS - FSS čidlo k solárnímu regulátoru	ks	1,000	389,00	389,00
19	800119260	BUDERUS - Termostatický směšovač TV DN 20; rozsah 38-60°C	ks	1,000	2 260,00	2 260,00
20	800119245	BUDERUS - Ochrana proti přepětí SPI	ks	1,000	830,00	830,00
21	800119262	BUDERUS - Modul pro napojení 2 spotřebičů LOGASOL SBU	ks	1,000	5 990,00	5 990,00
22	8001192621	BUDERUS - Sada svěrných kroužků 22 mm	ks	1,000	290,00	290,00
23	732219303	Montáž ohříváku vody stojatého kombinovaného do 1000 litrů	soubor	1,000	3 500,00	3 500,00
24	732229660	Montáž bazénového výměníku	sb	1,000	4 200,00	4 200,00

25	800119261	BUDERUS - Bazénový výměník B300	ks	1,000	12 500,00	12 500,00
26	732331550	Montáž tlakové expanzní nádoby do 80 litrů	sb	1,000	2 600,00	2 600,00
27	732412120	Čerpadlo ruční - doplnění solárního systému	soubor	1,000	3 200,00	3 200,00

733 Ústřední vytápění - potrubí

34	733222204	Potrubí měděné polotvrdé spojované tvrdým pájením D 22x1	m	90,000	345,00	31 050,00
35	733291101	Zkouška těsnosti potrubí měděné do D 35x1,5	m	90,000	13,30	1 197,00
36	733291150	Měděné fitinky - příplatek	ks	30,000	128,00	3 840,00
37	998733103	Přesun hmot pro rozvody potrubí v objektech v do 24 m	t	0,117	990,00	115,83
38	998733194	Příplatek k přesunu hmot 733 za zvětšený přesun do 1000 m	t	0,117	394,00	46,10

734 Ústřední vytápění - armatury

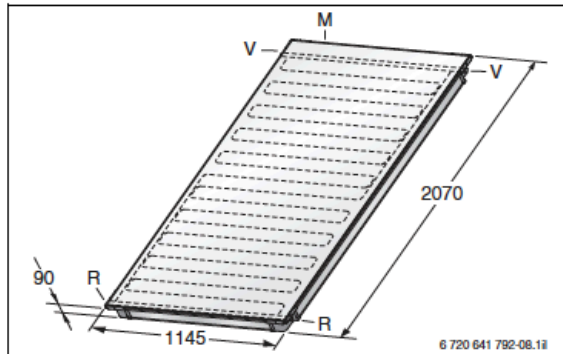
39	734209104	Montáž armatury závitové s jedním závitem G 3/4	kus	2,000	19,70	39,40
40	800200099	REFLEX - OS-NR 3/4" - ruční odvzdušňovací sada pro solární kolektory	ks	2,000	357,00	714,00
41	734291113	Kohout závitový plnicí a vypouštěcí ČSN 137061 PN 10/100°C G 1/2	kus	5,000	112,00	560,00
42	734292714	Kohout závitový kulový přímý R 250D GIACOMINI chromovaný s páčkou G 3/4	kus	4,000	265,00	1 060,00

767 Konstrukce zámečnické

45	767000001	Uchycení potrubí upevňovacími prvky Fy RABOVSKÝ (závěsy, táhla - montáž)	ks	60,000	48,00	2 880,00
46	867100001	Uchycení potrubí upevňovacími prvky Fy RABOVSKÝ (závěsy, táhla - dod.)	ks	60,000	50,20	3 012,00

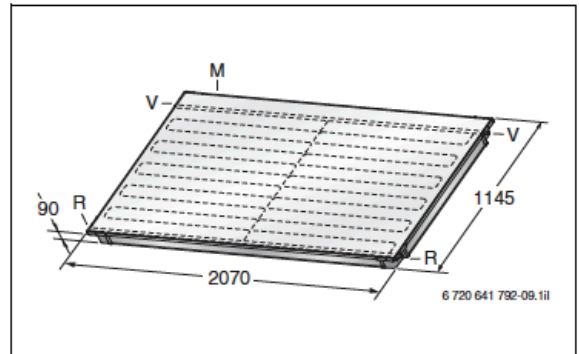
Příloha č.2 Technický list solárního deskového kolektoru Buderus Logasol SKS4.0

Rozměry a technická data deskového kolektoru Logasol SKS4.0




Obr. 12 Rozměry Logasol SKS4.0-s (svislý); rozměry v mm

- M** Měřicí místo (jímka pro čidlo)
R Zpátečka
V Výstup



Obr. 13 Rozměry Logasol SKS4.0-w (vodorovný); rozměry v mm

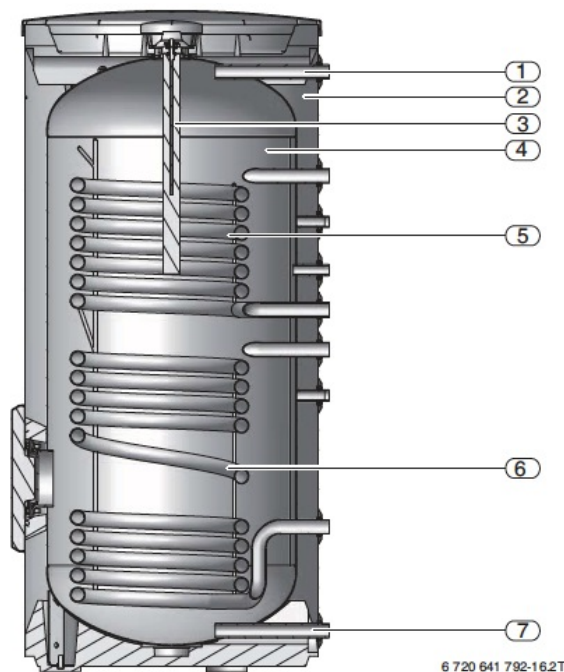
- M** Měřicí místo (jímka pro čidlo)
R Zpátečka
V Výstup

Vysoce výkonný deskový kolektor Logasol		Jednotka	SKS4.0-s	SKS4.0-w
Provedení kolektoru		–	svislé	vodorovné
Celková plocha (vnější)		m ²	2,37	2,37
Plocha apertury (vstupu světla)		m ²	2,1	2,1
Plocha absorbéru		m ²	2,1	2,1
Objem absorbéru		l	1,43	1,76
Selektivita	stupeň absorpce	%	95 ± 2	95 ± 2
	stupeň emise	%	5 ± 2	5 ± 2
Hmotnost		kg	46	47
Optická účinnost	η_0	%	85,1	85,1
Lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru	k1	W/(m ² · K)	4,0360	4,0360
Kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru	k2	W/(m ² · K ²)	0,0108	0,0108
Tepelná kapacita	c	kJ/(m ² · K)	4,82	4,82
Korekční faktor úhlu dopadu	IAM ^{dir} _{τ_α} (50°)	–	0,95	0,95
	IAM ^{dfu} _{τ_α}	–	0,90	0,90
Jmenovitý průtok	V	l/h	50	50
Stagnační teplota		°C	204	204
Max. provozní tlak (zkušební tlak)		bar	10	10
Max. provozní teplota		°C	120	120
Minimální zisk kolektoru ¹⁾ (pro BAFA)		kWh/(m ² · a)	> 525	> 525
Registrace DIN		–	011-7S052 F	011-7S052 F

Příloha č.3 Srážka tepelných zisků solárních kolektorů vlivem tepelných ztrát

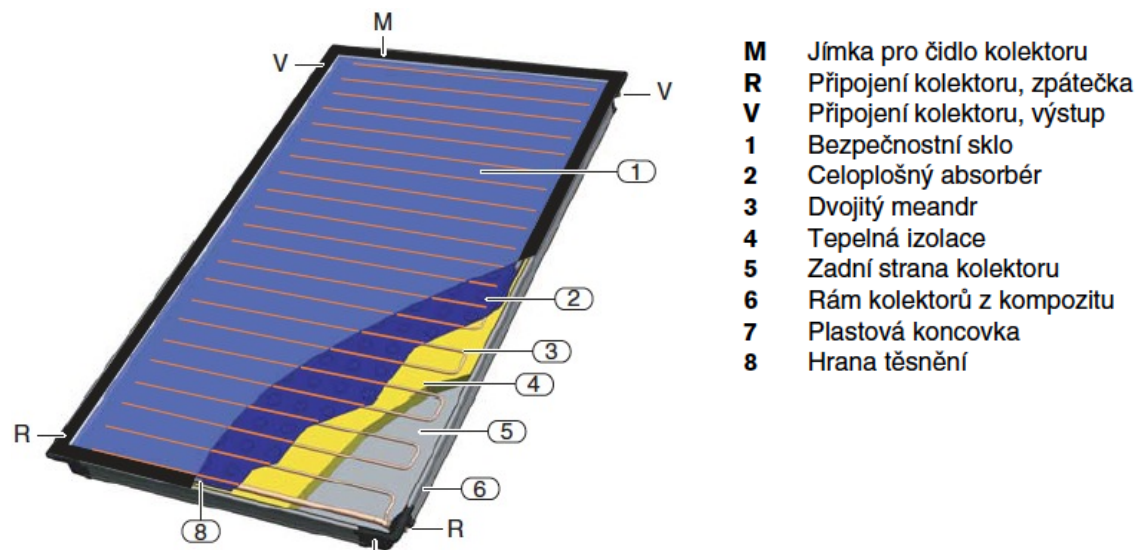
Typ solární soustavy	ρ
Bazén, ohřev bazénové vody	0.01
Příprava teplé vody, do 10 m ²	0.20
Příprava teplé vody, od 10 do 50 m ²	0.10
Příprava teplé vody, od 50 do 200 m ²	0.05
Příprava teplé vody, nad 200 m ²	0.03
Příprava teplé vody a vytápění, do 10 m ²	0.30
Příprava teplé vody a vytápění, od 10 do 50 m ²	0.20
Příprava teplé vody a vytápění, od 50 do 200 m ²	0.10
Příprava teplé vody a vytápění, nad 200 m ²	0.06

Příloha č.4 Solární zásobník Logalux SM500, přejato z [6]



1. výstup teplé vody
2. tepelná izolace (fleecová)
3. magnéziová anoda
4. nádoba zásobníku
5. horní výměník tepla
6. solární výměník tepla
7. vstup vody

Příloha č. 5 Složení solárního kolektoru Buderus Logasol SKS4.0 , přejato z [6]



Příloha č.6 Kompletní stanice Logasol KS0110 + regulátor LOGAMATIC SC40, přejato z [6]



Příloha č.7 Střední hodnota slunečního ozáření $G_{T,m}$ na různě orientovanou a skloněnou plochu pro charakteristickou oblast město, přejato z [7]

Úhel sklonu plochy β	Střední hodnota slunečního ozáření $G_{T,m}$ [W/m ²] pro charakteristickou oblast město											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Azimutový úhel osluněné plochy $\gamma = \pm 0^\circ$ (orientace na jih)												
0	175	253	365	446	498	514	501	462	388	285	195	150
15	273	353	448	501	535	545	534	508	457	375	290	245
30	356	434	506	529	543	546	538	526	501	444	369	325
45	418	489	535	527	521	517	512	515	516	488	427	387
60	454	514	533	496	470	460	459	476	503	502	458	424
75	463	509	500	437	394	379	381	411	461	488	462	436
90	443	473	438	355	299	279	285	325	393	444	438	421
Azimutový úhel osluněné plochy $\gamma = \pm 15^\circ$												
15	270	350	445	499	534	543	533	506	454	372	287	241
30	349	427	500	525	540	543	535	522	496	438	363	319
45	408	479	526	521	516	512	508	509	509	479	417	377
60	442	502	522	488	464	455	453	469	494	491	447	413
75	449	495	488	428	388	373	375	403	451	475	449	423
90	429	459	426	346	292	273	279	317	383	431	425	408
Azimutový úhel osluněné plochy $\gamma = \pm 30^\circ$												
15	259	339	435	492	529	539	528	500	446	362	277	232
30	329	406	482	512	530	534	526	511	480	419	343	300
45	380	449	501	502	502	500	495	494	487	452	390	351
60	408	466	491	465	447	440	438	449	467	459	413	380
75	411	455	453	403	369	356	358	382	421	439	412	387
90	390	418	390	320	273	256	261	294	352	394	386	370
Azimutový úhel osluněné plochy $\gamma = \pm 45^\circ$												
15	243	322	421	482	521	532	521	491	434	347	261	216
30	298	373	453	491	514	520	512	493	456	389	313	270
45	336	403	460	473	480	481	475	468	453	410	346	308
60	353	409	442	430	420	416	413	419	425	407	360	328
75	350	392	398	363	339	330	331	347	374	381	353	329
90	327	352	333	279	242	229	233	259	303	334	325	310

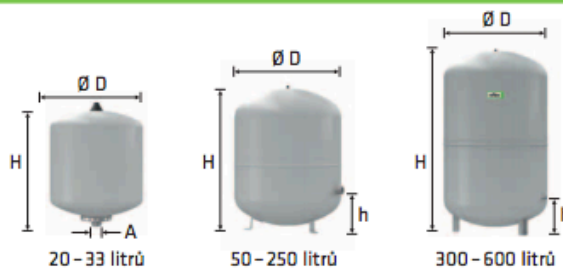
Příloha č.8 Teoreticky možná sluneční energie celkového záření $H_{T, DEN}$ dopadající za den pro charakteristickou oblast město, přejato z [7]

Úhel sklonu plochy β	Teoreticky možná sluneční energie celkového záření $H_{T, den}$ [kWh/m ²] dopadající za den pro charakteristickou oblast město											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Azimutový úhel osluněné plochy $\gamma = \pm 0^\circ$ (orientace na jih)												
0	0.70	1.26	2.38	3.49	4.68	5.27	5.11	4.31	3.12	1.64	0.81	0.54
15	0.86	1.57	2.79	3.82	4.97	5.54	5.38	4.66	3.58	1.98	0.98	0.64
30	1.00	1.81	3.07	3.99	5.02	5.55	5.41	4.80	3.86	2.25	1.12	0.72
45	1.10	1.97	3.20	3.96	4.84	5.29	5.19	4.71	3.95	2.40	1.21	0.77
60	1.15	2.04	3.18	3.76	4.44	4.79	4.71	4.39	3.84	2.45	1.26	0.80
75	1.15	2.01	3.01	3.39	3.85	4.08	4.04	3.86	3.55	2.37	1.24	0.79
90	1.09	1.88	2.69	2.87	3.09	3.21	3.20	3.17	3.09	2.18	1.18	0.75
Azimutový úhel osluněné plochy $\gamma = \pm 15^\circ$												
15	0.86	1.55	2.77	3.80	4.96	5.53	5.37	4.65	3.56	1.97	0.98	0.64
30	0.99	1.79	3.04	3.96	5.00	5.52	5.39	4.77	3.82	2.22	1.11	0.72
45	1.09	1.94	3.16	3.92	4.81	5.25	5.15	4.66	3.90	2.37	1.20	0.76
60	1.13	2.00	3.13	3.72	4.40	4.74	4.67	4.33	3.78	2.40	1.24	0.79
75	1.13	1.97	2.95	3.34	3.80	4.03	3.98	3.80	3.48	2.32	1.22	0.78
90	1.07	1.84	2.64	2.82	3.04	3.16	3.15	3.11	3.03	2.13	1.16	0.74
Azimutový úhel osluněné plochy $\gamma = \pm 30^\circ$												
15	0.84	1.52	2.72	3.76	4.91	5.49	5.33	4.60	3.51	1.94	0.96	0.63
30	0.96	1.72	2.95	3.88	4.92	5.44	5.31	4.68	3.72	2.15	1.08	0.69
45	1.04	1.85	3.03	3.81	4.70	5.15	5.04	4.54	3.76	2.26	1.15	0.73
60	1.07	1.89	2.98	3.58	4.27	4.61	4.53	4.19	3.61	2.27	1.17	0.75
75	1.06	1.84	2.78	3.18	3.65	3.89	3.84	3.64	3.29	2.18	1.15	0.74
90	1.00	1.71	2.46	2.66	2.89	3.01	2.99	2.94	2.82	1.98	1.08	0.70
Azimutový úhel osluněné plochy $\gamma = \pm 45^\circ$												
15	0.81	1.47	2.65	3.70	4.85	5.43	5.27	4.53	3.42	1.88	0.93	0.61
30	0.90	1.62	2.81	3.75	4.80	5.32	5.19	4.54	3.56	2.03	1.02	0.66
45	0.96	1.71	2.83	3.64	4.53	4.98	4.87	4.34	3.53	2.10	1.07	0.69
60	0.97	1.71	2.73	3.36	4.06	4.41	4.32	3.94	3.33	2.08	1.07	0.69
75	0.95	1.64	2.51	2.94	3.42	3.66	3.60	3.37	2.98	1.96	1.04	0.68
90	0.89	1.51	2.18	2.41	2.65	2.77	2.75	2.66	2.50	1.75	0.97	0.63

Příloha č.10 Technické parametry expanzních nádob REFLEX

Reflex S

- pro solární, topné a chladicí soustavy
- pro koncentrace nemrznoucí směsi do 50 %
- se závitovým připojením
- membrána podle DIN EN 13831, přípustná teplota 70 °C
- schválení podle směrnice pro tlakové zařízení 87/23/EG
- 33 litrů s upevňovacími závěsy, od 50 litrů s nožičkami



10 bar	Typ *	Obj. číslo		Počet na paletě	Hmotnost (kg)	Ø D (mm)	H (mm)	h (mm)	A	Přetlak plynu (bar)
	10 bar /120 °C	šedá	bílá							
	S 2/10	8707700	-	280	1,0	132	260	-	G ¾	0,5
	S 8/10	8703900	9702600	96	2,5	206	316	-	G ¾	1,5
	S 12/10	8704000	9702700	72	2,5	280	300	-	G ¾	1,5
	S 18/10	8704100	9702800	56	3,2	280	374	-	G ¾	1,5
	S 25/10	8704200	9702900	42	4,5	280	496	-	G ¾	1,5
	S 33/10	8706200	9706300	24	6,3	354	455	-	G ¾	1,5
	S 50/10	8209500	-	20	9,5	409	469	158	R 1	3,0
	S 80/10	8210300	-	12	14,6	480	538	166	R 1	3,0
	S 100/10	8210500	-	10	15,5	480	644	166	R 1	3,0
	S 140/10	8211500	-	6	17,4	480	941	210	R 1	3,0
	S 200/10	8213400	-	-	35,6	634	758	205	R 1	3,0
	S 250/10	8214400	-	-	40,8	634	888	205	R 1	3,0
	S 300/10	8215400	-	-	47,0	634	1092	235	R 1	3,0
	S 400/10	8219000	-	-	61,0	740	1102	245	R 1	3,0
	S 500/10	8219100	-	-	72,0	740	1321	245	R 1	3,0
	S 600/10	8219200	-	-	87,0	740	1559	245	R 1	3,0

Příloha č.11 Teplotní čidlo kolektoru



Příloha č.12 Vnitřní nerezový bazén, rozměry 9x3 m

