

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra mechaniky a strojnictví



Diplomová práce

**Možnosti snižování nákladů na ohřev užitkové vody pro
plavecký bazén**

David Kratochvíl

© 2018 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

David Kratochvíl

Technologická zařízení staveb

Název práce

Možnosti Snižování nákladů na ohřev užitkové vody pro plavecký bazén

Název anglicky

Ways to reduce the costs of water heating for a swimming pool

Cíle práce

Sestavení literární rešerše o způsobech přípravy teplé vody pro plavecké bazény.

Posouzení energické bilance vybraného úsporného řešení.

Pomocí ekonomických ukazatelů prokázat ekonomickou efektnost navrhovaného řešení.

Metodika

1. Struktura práce by se co nejvíce měla přiblížit schématu:

A. Úvod

B. Materiál a metody

C. Výsledky

D. Diskuse

E. Závěr

V práci lze slučovat diskusi a závěr.

2. Sestavení literární rešerše mapující současné způsoby přípravy teplé vody pro plavecké bazény. Návrh úsporných opatření. Zpracování podkladů pro projektovou dokumentaci, a

to včetně dispozičních schémat. Stanovení energické bilance navrženého technického řešení a ekonomických ukazatelů dovolujících posoudit jeho výhodnost.

- Práci je vhodné doplnit fotografiemi, schémata, grafy a tabulkami. Jednotlivé kapitoly a podkapitoly práce, rovnice, tabulky a obrázky je nutno číselně označovat a na toto značení se v textu odkazovat. Nedílnou součástí práce je i obsah, abstrakt, seznam použitých zkratek a symbolů, obrázků, tabulek a literatury.

Práce může být doplněna přílohami.

- Při vypracování diplomové práce je nutno dbát na respektování citačních pravidel dle ČSN ISO 690:2011.
- Vedoucího práce je nutno čtvrtletně seznamovat s postupem zpracování zadaného tématu.

Oficiální dokument * Česká zemědělská univerzita v Praze * Kamýcká 129, 165 00 Praha 6 – Suchbát

Doporučený rozsah práce

55 Stran čteně tabulek, obrázků a příloh

Klíčová slova

Ohřev vody, tepelné čerpadlo, solární kolektor

Doporučené zdroje informací

[hp://voda.tzb-info.cz/uspory-voda-kanalizace/10888-domovni-rekuperace-tepla-z-odpadni-vody](http://voda.tzb-info.cz/uspory-voda-kanalizace/10888-domovni-rekuperace-tepla-z-odpadni-vody)

[hp://www.a-invent.cz/forstner/](http://www.a-invent.cz/forstner/)

[hp://www.jdk.cz/cs/reseni/prumyslova-tepelna-cerpadla](http://www.jdk.cz/cs/reseni/prumyslova-tepelna-cerpadla)

[hp://www.mpo-efekt.cz/dokument/99-8072.pdf](http://www.mpo-efekt.cz/dokument/99-8072.pdf)

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – TF

Vedoucí práce doc. Ing. Pavel Neuberger, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra mechaniky a strojnictví

Elektronicky schváleno dne 31. 1. 2018

doc. Ing. Pavel Neuberger, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 9. 3. 2018

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 24. 03. 2018

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci "**Možnosti snižování nákladů na ohřev užitkové vody pro plavecký bazén**" vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 30.3. 2018

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Pavlu Neubergerovi, Ph.D. za cenné rady při zpracování této diplomové práce.

Možnosti snižování nákladů na ohřev užitkové vody pro plavecký bazén

Abstrakt

Projekt je realizován pro plavecký bazén, kde je celoroční odběr teplé vody. S využitím solárních termických panelů je dosaženo snížení nákladů na ohřev vody.

Práce je rozdělena do třech základních částí, které se zabývají teoretickou částí, praktickou částí a vyhodnocením celého projektu. V teoretické části je popsán současný stav solárních termických kolektorů. V praktické části se zabývá návrhem systému, který je podložený výpočty, grafy a schémata. V závěru práce jsou porovnány výsledné hodnoty a pomocí ekonomických ukazatelů prokázána účinnost systému.

Klíčová slova: solární termické kolektory, solární systém, plynový kotel, zásobník vody, bazén, TV, ohřev vody

Options to reduce the costs of water heating for a swimming pool

Abstract

The project is being implemented for a swimming pool where there is a year-round hot water collection. Using solar thermal panels results in a reduction in the cost of domestic water heating.

The work is divided into three basic parts dealing with theoretical part, practical part and evaluation of the whole project. The theoretical part describes the current state of solar thermal collectors. The practical part deals with the design of the system, which is supported by calculations, graphs and schematics. At the end of the thesis the results are compared and the effectiveness of the system is proven by economic indicators.

Keywords: solar thermal collectors, solar system, gas boiler, water tank, pool, HW

Obsah

Seznam použitých zkratek	7
1. Úvod.....	8
2. Cíl práce	9
3. Současný stav řešené problematiky	11
3.1 Vodní hospodářství krytých bazénů.....	11
3.1.1 Zdravotnická technika.....	11
3.1.2 Hydraulické systémy v bazénu	12
3.1.3 Způsob přípravy teplé vody	12
3.1.3.1 Lokální příprava TV	13
3.1.3.2 Prvky pro přípravu TV	13
3.2 Solární kolektory pro ohřev vody	16
3.2.1 Rozdělní	16
3.2.1.1 Vztažná plocha	16
3.2.2 Solární systémy ohřívání vody	19
Kombinace solárních systémů pro TV	19
3.2.3 Zapojení kolektorů.....	23
3.2.4 Charakteristické parametry solární soustavy	24
4. Materiál a metody	25
4.1 Dimenzování solární soustavy	25
4.1.1 Denní spotřeba tepla po ohřev vody - $Q_{\text{spotřeba}}$	25
4.1.2 Teoretické možné množství energie – Q_S	26
4.1.3 Energie difuzního záření - Q_D	26
4.1.4 Účinnost solárního kolektoru - η_k	27
4.1.5 Energie zachycená kolektory - Q_k	27
4.1.6 Určení plochy kolektoru - A_k	28
4.2 Klasifikace metod hodnocení efektivity investic.....	29
4.2.1 Hrubí zisk - Z_h	29
4.2.2 Roční hrubý výnos za zachycenou energii – HV.....	30
4.2.3 Celkové hrubé náklady – N_v	30
4.2.4 Metoda čisté současné hodnoty – ČSH.....	31
4.2.5 Index rentability - I_z	31
4.2.6 Průměrná výnosnost - V_p	32

4.2.7	Doba návratnosti - I	32
4.3	Aktuální stav na katedře tělesné výchovy	33
4.3.1	Kondenzační kotel, R600.....	33
4.3.2	Zásobník teplé vody, Jumbo 1000	34
4.4	Spotřeba zemního plynu za rok.....	35
4.5	Spotřeba elektrické energie za rok	35
4.6	Průměrná týdenní návštěvnost bazénu	36
4.6.1	Technický popis solární soustavy	37
4.6.2	Funkce solární soustavy.....	37
5.	Výsledky	38
5.1	Celkové účinky slunečního záření	39
5.2	Výsledné hodnoty dopadající energie	40
5.3	Množství solárních kolektorů.....	42
5.4	Schéma zapojení.....	44
5.4.1	Schéma zapojení pro celoroční provoz (od ledna do prosince)	44
5.4.2	Schéma zapojení pro sezónní provoz (od dubna do září)	45
5.5	Hodnocení efektivnosti vybrané investice	46
6.	Diskuze a závěr	49
7.	Seznam použitých zdrojů	50
8.	Přílohy	51
	Seznam obrázků.....	52
	Seznam grafů.....	52
	Seznam tabulek	52

Seznam použitých zkratk

Značka	Veličina	Značka jednotky
c	měrná tepelná kapacita	$\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
e	emisní schopnost	1
t	teplota	$^{\circ}\text{C}$
n	počet dní	1
n	počet členů	1
p	přirážka	1
g	tíhové zrychlení	m.s^{-2}
I	intenzita záření	W.m^{-2}
Q	teplo, tepelná energie	J, kW.h
	tepelný tok	W
Z	součinitel znečištění	1
A, S	plocha	m^2
α	rovinný úhel	stupeň ($^{\circ}$)
η	účinnost	1
ρ	hustota	kg.m^{-3}
τ	časový interval	s, h
τ	časový úhel	stupeň ($^{\circ}$)

1. Úvod

Se vzrůstající spotřebou fosilních paliv a výstavbou jaderných elektráren dochází k obrovskému hazardu se životním prostředím. Společnost se proto začala uchýlovat k získávání „čisté“ energie z obnovitelných zdrojů. Jedním z nich je sluneční energie, která dopadá na naši zemi. Za pomoci solární energie můžeme získávat teplo a elektrickou energii bez toho, aniž bychom jakkoli znečišťovali naše okolní prostředí.

Na zemi dopadá mnohem více potenciální sluneční energie, kterou kdy budeme moci využít, ale problém nastává v jejím zachycování a uchování. My bychom potřebovali obrovskou rozlohu zemského povrchu, abychom jí zachytili a přeměnili na teplo pro potřeby všech. S příchodem nových technologií a pokroků budeme schopni vytápět a chladit naše budovy bez cizích zdrojů energie. Slunce vyše k zemi energii v jednotce 1,74 (PW) (Thorpe, 2011), ale velká část je odražena nazpět do vesmíru.

Z toho bylo naměřeno, že průměrně na zemský povrch dopadne 1 366 W/m² sluneční energie (Cihelka, 1994).

Příprava teplé vody pomocí solární soustavy se jeví jako nejekonomičtější řešení. V našich podmínkách je doba slunečního svitu kolem 1700-1800 hodin za rok a průměrná intenzita slunečního záření se pohybuje kolem 950 – 1 250 kWh/m²/rok. (Cihelka, 1994)

2. Cíl práce

Sestavení literární rešerše o způsobech přípravy teplé vody pro plavecké bazény. Vypracovat technické řešení a pomocí ekonomických ukazatelů prokázat ekonomickou efektnost navrhovaného řešení.

Projekt je navržen pro plavecký bazén viz. (Obrázek 1) na katedře tělesné výchovy ČZU v Suchdole, kde je celoroční odběr teplé vody. Zastavěná plocha se využije tak ,že se umístí solární termické kolektory na střechu budovy s orientací na jih.

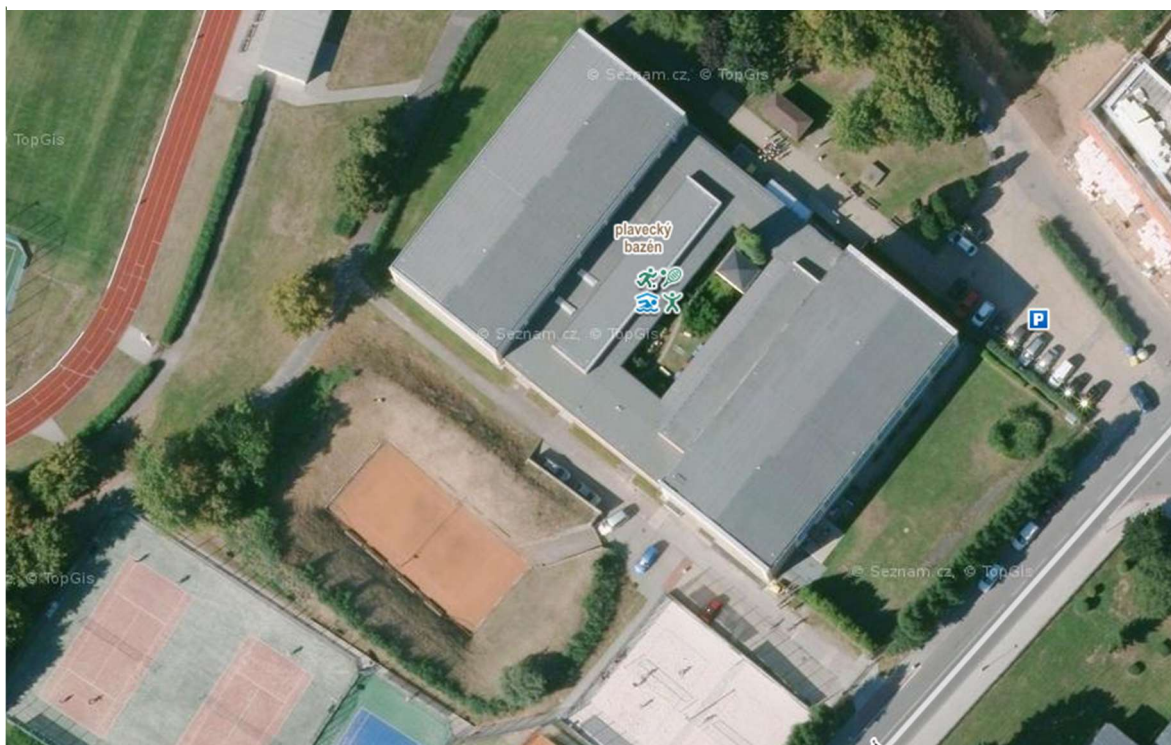
V této práci se zaměřím na dva typy solárních systémů, které budou podrobně řešeny v kapitole 4., hlavní koncepty jsou:

- a) Pro sezonní (duben až září) ohřev teplé vody (TV)
- b) Pro celoroční ohřev teplé vody (TV)

Solární systém a) je navržen tak, aby pokryl tepelný výkon plynového kotle a případně překlenul období špatného počasí. Výhodou jsou nižší pořizovací náklady, jelikož v letním období není potřeba ohřevu velkého množství vody a je největší intenzita slunečního záření. Nevýhodou je nízká účinnost v zimním období, kdy je nejvyšší potřeba tepla.

Solární systém b) je kombinací solárního termického kolektoru a plynového kotle, tak aby při příznivé intenzitě slunečního záření částečně nahrazoval plynový kotel. Výhodou je, že v zimních měsících, kdy je vyšší potřeba tepla, můžeme dosáhnout příznivých tepelných zisků. Vzhledem k nízké teplotě bazénové vody, kterou můžou současnými kolektory dosáhnout už při oblačném počasí. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady ale nižší účinnost v letním období.

Obrázek 1 Půdorysný pohled na KTV



Zdroj: Google, 2018

3. Současný stav řešené problematiky

3.1 Vodní hospodářství krytých bazénů

Plavecká zařízení dělíme podle jejich charakteru na:

a) Plavecká zařízení přirozená

Do této kategorie patří: řeky, rybníky, jezera atd. Voda není uměle ošetřena a výměna se děje přirozeným tokem.

b) Plavecká zařízení umělá

Priváděná voda je nejprve chemicky anebo technicky ošetřena, tak aby byla zajištěna její požadovaná kvalita a hygienická nezávadnost. (Svoboda, 1988)

Bazény musí mít zařízení pro recirkulaci a úpravu vody. Přívod a odtok v bazénu musí plně spolupracovat tak, aby docházelo k důkladnému směšování vody. Tohoto požadavku se dosahuje dostatečným počtem vtokových a odběrových otvorů, které jsou vhodně rozmístěny.

3.1.1 Zdravotnická technika

a) Sprchy a jejich příslušenství

Dodržením čistoty před vstupem do bazénu se sníží jeho znečištění a tím se sníží množství přidávaných dezinfekčních přípravků. Teplota sprchování nesmí být vyšší, jak 45°C, jinak by mohlo dojít k opaření pokožky těla. Pro sprchování je možno použít vodu z recirkulačního systému (odběr je za úpravnou před dezinfekci vody).

b) Rozvody teplé vody (TV)

Rozvody lze instalovat volně a to, buď na závěsech nebo ukládáním do instalačních kanálů. Potrubí je opatřeno tepelnou izolací. Tvorbě vodního kamene je zabráněno opatřením vhodného zařízení.

c) Příprava teplé vody pro sprchování (PTV)

Zařízení pro PTV musí splňovat hygienické a technické parametry, tak aby vyhovovala požadovaným nárokům.

- Teplá voda se dodává rovnoměrně, v požadovaném množství a teplotě
- Teplota TV má být regulovatelná
- Ohřátá teplá voda musí být hygienicky nezávadná
- Zařízení pro ohřev TV musí být bezpečné
- Provozní a investiční náklady musí být nízké

c) Zásobníky TV

Zásobníky k ohřevu a kumulaci teplé vody, které se vyrábí ležaté anebo stojaté ve velikosti od 180 do 10 000 l. Jako teplosměnného media je pro ohřev vody používána pára nebo teplá voda. Topné vložky jsou trubkové a umísťují se v horní anebo spodní části zásobníku. (Svoboda, 1988)

3.1.2 Hydraulické systémy v bazénu

Úlohou hydraulických systémů je udržovat správný oběh vody a to: *bazén-úprava – dezinfekci-bazén*. Průtoky a odtoky by měli být navrženy tak, aby cirkulace probíhala správně a úplně a nedocházelo k nežádoucím proudům. Pokud chceme bazény udržovat na požadované úrovni čistoty a teploty je zapotřebí správná distribuce vody. V plaveckých bazénech se používají dva systémy cirkulace vody.

- a) Inverzní hydraulický systém** – nedochází k recirkulaci vody, veškerá voda je přes žlaby odvedena do kanalizace a přivádí se čerstvá voda.
- b) Smíšený hydraulický systém** – část vody je recyklována zpět do systému, nejméně však 50 % z průtokového množství. Zbývající část vody je odváděna do kanalizace.

3.1.3 Způsob přípravy teplé vody

Ohřev vody představuje velké investiční náklady, ale zejména náklady na provoz. Dle zvoleného tepelného ohřívače, ovlivníme náklady na provoz. Způsoby ohřevu vody mohou být, tato:

- Výměník tepla
- Plynový anebo elektrický průtokový ohřivač
- Elektrický ohřivač
- Sluneční záření
- Rekuperačními tepelné čerpadlo

Aby mohl odběratel odebírat TV v požadované teplotě, tak se musejí zajistit určité provozní parametry a těmi jsou:

- Zařízení pro vlastní ohřev TV
- Rozvody vody a armatury
- Směšovací armatury s regulací

3.1.3.1 Lokální příprava TV

a) Zásobníkové ohřivače TV

V nádrži je umístěna spirála anebo keramické otopné těleso, kterým prochází teplosměnné medium. V zásobníku se akumuluje teplá voda.

b) Průtokový ohřivač TV

V rozvodu TV je zapojen výměník tepla, který má dostatečný výkon pro ohřátí vody na požadovanou teplotu. Voda se ohřívá průchodem přes výměník, nedochází k akumulaci tepla. (Šourek, 2011)

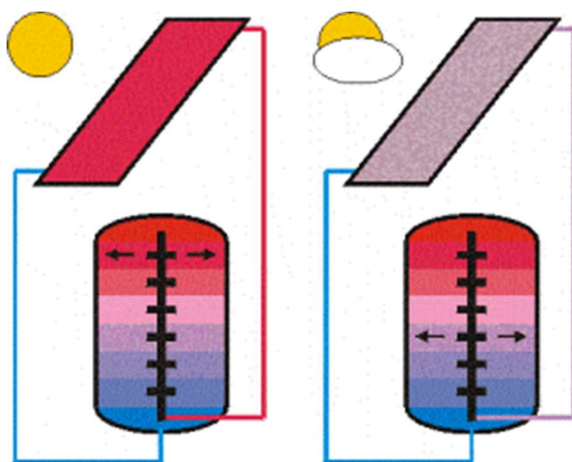
3.1.3.2 Prvky pro přípravu TV

a) Solární zásobníky tepla

Zásobníky tepla představují hlavní část soustavy pro akumulaci tepla. Jedná se o běžné ocelové nádrže bez vnitřní úpravy. Jsou vhodné pro solární soustavy k přípravě teplé vody tak pro kombinované soustavy s přitápěním. Řešení se zásobníky tepla pak pro přípravu teplé vody využívá externích deskových výměníků pro průtokový ohřev. Pro

zvýšení využití akumulované energie ze solárních kolektorů se využívá tzv. **stratifikačních zásobníků** (Obrázek 2). Tím se rozumí vrstvení objemu tepla do různých vrstev podle stejné anebo podobné teploty. Docílí se tak, teplejší vody v horní části a nižší teploty v dolní části. Pro plnění zásobníku vodou se používají dva typy. První typ se plní pomocí ventilu, který porovnává teplotu v dané vrstvě. Používají se pro velmi objemné zásobníky a přívod se navrhuje s nízkou vstupní rychlostí tak, aby nenarušil teplotní rozvržení. Druhý typ funguje na základě rozdílu hustot mezi přiváděnou vodou z výměníku a vrstvou v zásobníku. Odbočky jsou vybaveny zpětnými klapkami, aby nedocházelo k znehodnocení přiváděné vody.

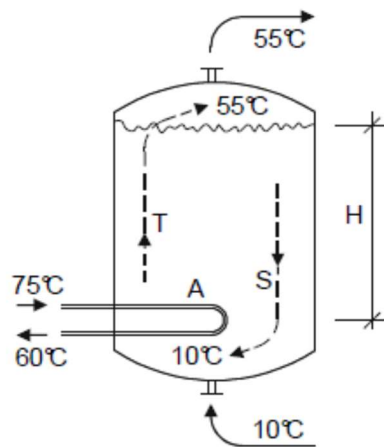
Obrázek 2 Stratifikační zásobník



Zdroj: Macháček, 2011

homogenní (promíchávaný) zásobník – vhodný pro systém s vysokým průtokem anebo v kolektorech, kde je tatáž kapalina. V solárním systému umožní lepší využití přebytku tepla z kolektorového okruhu. Dochází k ohřevu vody v celém objemu, které je vidět na obrázku (Obrázek 3).

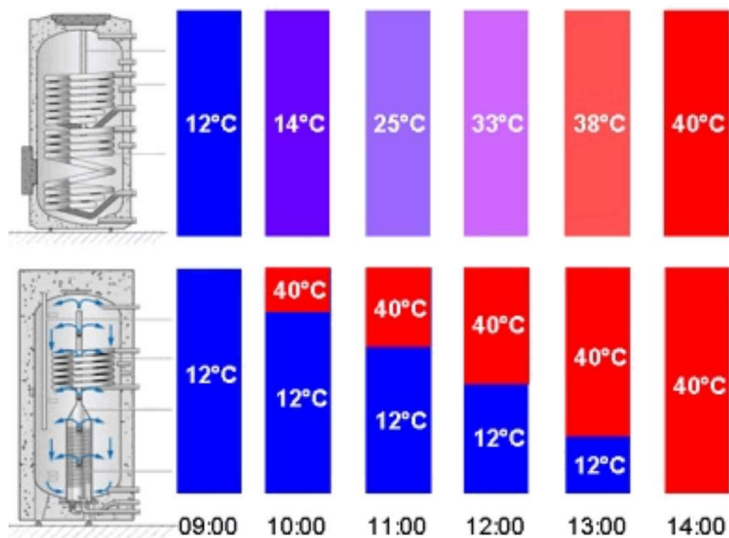
Obrázek 3 Stratifikačních zásobníků



Zdroj: ČVUT, 2014

Na obrázku (Obrázek 4) je znázorněný rozdíl ohřevu TV mezi homogenním a stratifikačním zásobníkem.

Obrázek 4 Ohřev homogenního zásobníku (nahore) a stratifikačního zásobníku



Zdroj: Štěpán Trajer, 2013

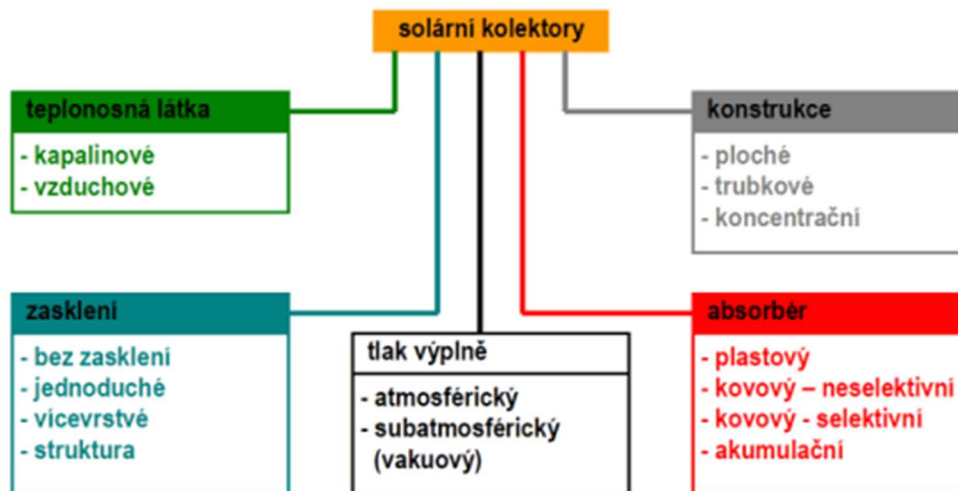
3.2 Solární kolektory pro ohřev vody

Solární kolektory jsou zařízení, která zachytávají sluneční energii a k převodu této energie na teplo, kterým se zahřívá teplonosná tekutina. Jelikož jsou kolektory umístěny venku, tak jsou vystaveny nepříznivým vlivům počasí. Při výběru kolektoru jde vždycky o kompromis mezi teoretickými poznatky, výrobními možnostmi a celkovou ekonomickou efektivností.

3.2.1 Rozdělení

Solární kolektory se rozdělují do pěti základních částí, které jsou přehledně zobrazeny na obrázku (Obrázek 5).

Obrázek 5 Rozdělení solárních kolektorů



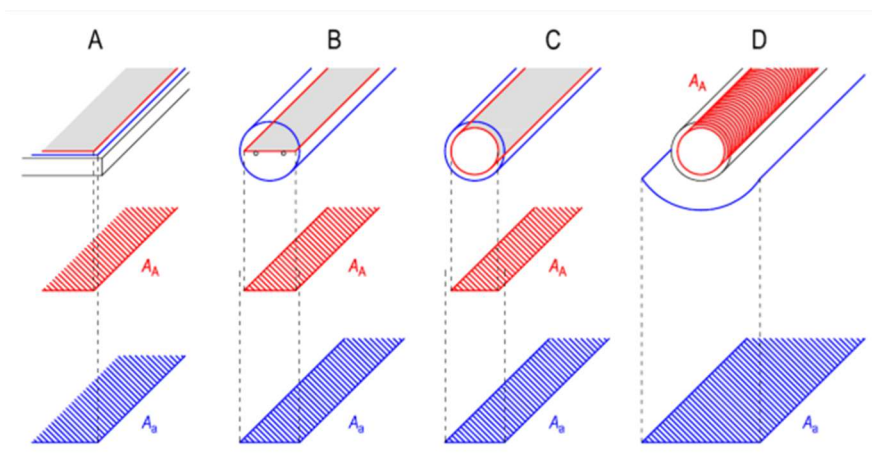
Zdroj: Matuška, 2009

3.2.1.1 Vztažná plocha

U solárních kolektorů rozlišujeme celkem 3 druhy ploch, které ovlivňují účinnost kolektoru.

- **Plocha absorbéru A_A** – plocha, na které dochází k přeměně slunečního záření v teplo

- **Plocha apertury A_a** – plocha průmětu otvoru, kterým vstupuje do kolektoru nesoustředěné sluneční záření, zpravidla plocha průmětu zasklení nebo reflektoru.
- **Celková obrysová (hrubá) plocha A_G** – plocha průmětu celkového obrysu solárního kolektoru.



Zdroj: Matuška, 2009

a) Deskový solární kolektor

Základem je tmavá absorpční deska s nízkou emisivitou. Přes absorpční desku je rozloženo potrubí, ve kterém protéká teplosměnná látka Aby se zmenšila tepelná ztráta do okolí (vedením a konvencí) a tím zvětšila účinnost kolektorů, je přední strana obstarána skleněnou deskou s dobrou propustností světla. Spodní část je opatřena tepelnou izolací. Chladná voda proudí zespodu a teplá voda je odváděna vrchem.

b) „Butch“ Dávkový solární kolektor

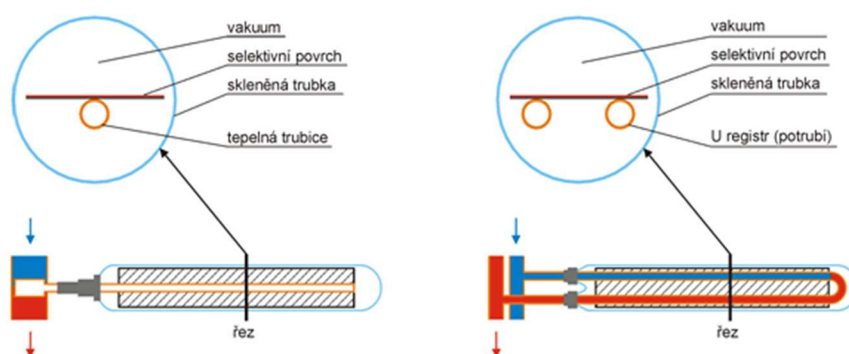
Zasklený box, nejčastěji ve tvaru válce, obsahuje jednu anebo více tepelných trubek. Trubka je potažena černou barvou, kvůli větší absorpci. Zasklený box je z jedné strany zakrytý izolací. Další způsob je použití reflexního světla, které je kolem zásobníku.

c) Vakuové trubkové kolektory

Skládají se z řady skleněných trubek, ve kterých je vakuum. Povrch kolektoru je pokrytý černým selektivním povrchem, který zabraňuje vyzařování infračerveného záření. Teplo je převedeno do rozdělovacího potrubí. Ty se rozdělují na další dva typy: kolektory s jedностěnnou vakuovou trubkou a kolektory s dvoustěnnou vakuovou trubkou.

Jednostěnné trubkové kolektory – to je jednostěnná trubka na, které je přidělaná absorpční deska (Obrázek 6). A ta je celá vložena do krycí vakuové trubice. Trubka funguje jako teplosměnná trubice anebo jako U trubice. Je zde vysoká účinnost, ale taky vyšší pořizovací náklady.

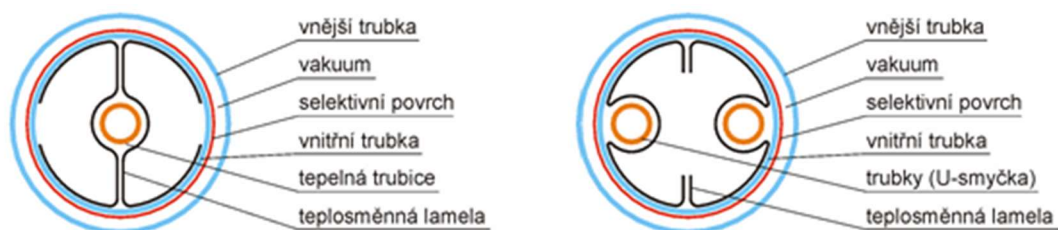
Obrázek 6 Jednostěnný trubkový vakuový kolektor



Zdroj: Matuška, 2008

Dvojstěnné trubkové vakuové kolektory – to je válcová trubka, na které je přidělaná teplosměnná lamela a vložena do absorpčního válce (Obrázek 7). Lamela je tvořena z hliníku, pro jeho dobrou tepelnou vodivost. Celá ocelová trubka je zakrytá skleněnou trubicí ve, které je zajištěno vakuum.

Obrázek 7 Dvojstěnné trubkové vakuové kolektory



Zdroj: Matuška, 2008

d) Polymer jako základ pro kolektory

To je nová generace solárních kolektorů, která je na vrcholu masového uvedení na trh. Není tvořena ze skla nebo kovu, ale z jednoho tvarového plastického kusu. Zatím probíhá výzkum, ale už teď se nabízí některé výhody a nevýhody.

Výhody

- O 50 % levnější
- Rychlejší instalování
- Větší potenciál vybrat barvu a tvar
- Přímý systém je možný v horkém podnebí
- Nehrozí zamrznutí systému
- Menší průměry trubek a tenčí absorbéry, způsobí vyšší účinnost

Nevýhoda

- Je zde riziko poškození při delším mrznutí, vystavení ultra fialovému světlu nebo přehřáté vody, která není použita.

3.2.2 Solární systémy ohřívání vody

Pro provoz solárních panelů se používá několik systémů, které mohou být sjednoceny. Základní rozdělení se dělí na aktivní (čerpadlo) nebo pasivní (gravitační) v kombinaci přímého a nepřímého ohřívání, viz. tabulka (Tabulka 1).

Tabulka 1 Kombinace solárních systému pro TV

Kombinace solárních systémů pro TV		
	Přímý	Nepřímý
Aktivní	Čerpadlo, voda ohřátá je vodou používanou	Čerpadlo, teplo je čerpáno ze zásobníku
Pasivní	Gravitační, voda ohřátá je vodou používanou	Gravitační, teplo je čerpáno ze zásobníku

Zdroj: Troper, 2011

Pasivní (gravitační) systém

Výhody

- Čerpadlo není využíváno
- Spolehlivý a méně poruchový systém

Nevýhody

- Nádrž musí být umístěný na vrcholu kolektoru
- Gravitační efekt funguje pouze v teplých oblastech

Aktivní systém

Výhody

- Nádrž vody může být umístěna kdekoliv

Nevýhody

- Vyžaduje čerpadlo a elektrická zdroj
- Vyžaduje termostatický ventil anebo regulátor (čerpadlo se zapne jen, když je kolektor teplejší než nádrž)

Přímé ohřívání

Výhody

- Jednoduší možnost instalace
- Instalace je možná jen v tropických oblastech, kde nemrzne
- Vhodné využití pro plavecký bazény
- Nízké náklady na údržbu

Nevýhoda

- Nevhodný v místech mrznutí, jestliže je systém vyčerpaný
- Pokud je nádrž mimo, vyšší tepelný ztráty
- Ohřátá voda je vodou používanou

Nepřímé ohřívání

Výhoda

- Může být použitý v místech, kde teplota klesá pod bod mrazu
- Ztráty tepla jsou nižší než u přímých systémů, pokud je nádrž vody dostatečně izolovaná a krytá.

Nevýhoda

- Mnohem složitější instalace systému
- Vyžaduje výměník tepla
- Nízká účinnost systému
- Tepelně vodivá kapalina nesmí být toxická, unikát a mísit se s vodou v tanku

Pasivní (gravitační) systém

Je to nejjednodušší systém pro ohřev vody, který najdeme na 20° zeměpisné šířky od rovníku. Nádrž je umístěna přímo nad kolektory, aby mohla voda volně cirkulovat. Nádrž může být nedílnou součástí kolektorů anebo může být umístěna ve větší vzdálenosti.

Aktivní přímý systém

Je používán v místech, kde nedochází k zamrznutí, jelikož ohřívána voda je vodou používanou. Od pasivního systému se liší v použití čerpadla a nádrže vody, který může být umístěn níže, než je solární panel. Příkladem je uložení nádrže vody ve sklepě rodinného domu nebo připojením k boileru. Studená voda je připojena ze spodu a čerpána přímo do kolektoru, kde je ohřívána. Pro řízení průtoku vody je zapotřebí elektrický regulátor, který je připojen na vstupu do nádrže a porovnává data s výstupem teplé vody z kolektoru. Teplá voda je čerpána z vrchu a tím jsou sníženy ztráty tepla.

Aktivní nepřímý systém

Uzavřená smyčka aktivního systému je běžně používána v chladnějších zeměpisných pásmech. Solární kolektor absorbuje solární energii a toto teplo je vedeno teplosměnnou tekutinou, zpravidla nemrznoucí a netoxickou (propylene-glykol), který prochází přes

kolektor. Teplo je předáno tepelným výměníkem, která je umístěný u dna nádrže. Čerpadlo je sepnuto pouze tehdy, když je kolektor teplejší než nádrž. Přídavný zdroj tepla, jako je plynový boiler nebo elektrická cívka, může být použit na doplnění tepla v nádrži, pokud je potřeba.

Aktivní nepřímý systém se rozděluje ještě na *fully-filled, drainback systém*

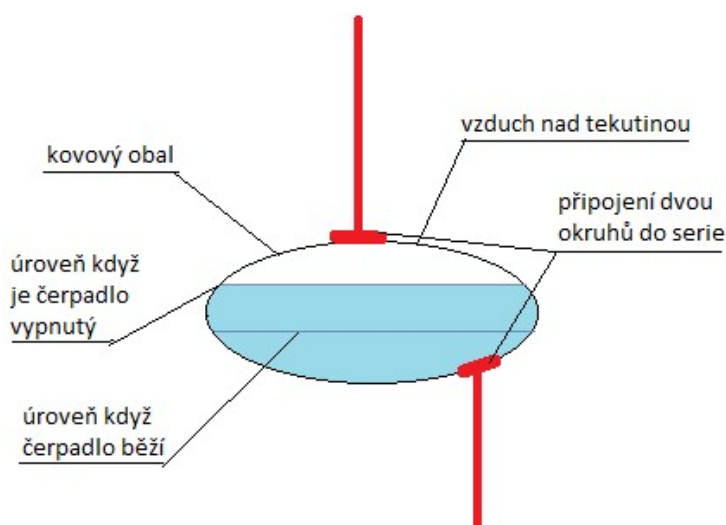
„Fully-filled“ Samo-tížný systém

Uzavřený systém musí obsahovat expanzní ventil, aby zabránil rozpínání tekutiny, když se zahřívá. Nežádoucím tepelným ztrátám během noci je zamezeno jednocestným ventilem, který je za čerpadlem a před expanzním ventilem.

„Drainback“ Beztlaký samo-vypouštěcí systém

Tento systém využívá vodu a není tedy zapotřebí nemrznoucí směsi. Expanzní nádobu nahrazuje odkapávací nádoba v angličtině „drainback“ viz. (Obrázek 8). Nežádoucím tepelným ztrátám je zamezeno, vypnutím čerpadla a zpětným odkapáním přebytečné vody z kolektoru do nádrže. Je zde zapotřebí výkonnějšího čerpadla než v předchozím případě. Výhodou tohoto systému je nemožnost zamrznutí a kontaminace vody.

Obrázek 8 Drainback



(Thorpe, 2011)

3.2.3 Zapojení kolektorů

Pro získání potřebné tepelné energie je zapotřebí složit kolektorovou plochu. Kolektory se řadí do série nebo paralelně. Dále můžou být v jedné rovině nebo v několika rovnoběžných rovinách. Při sestavování musíme brát v úvahu tepelné a hydraulické ztráty.

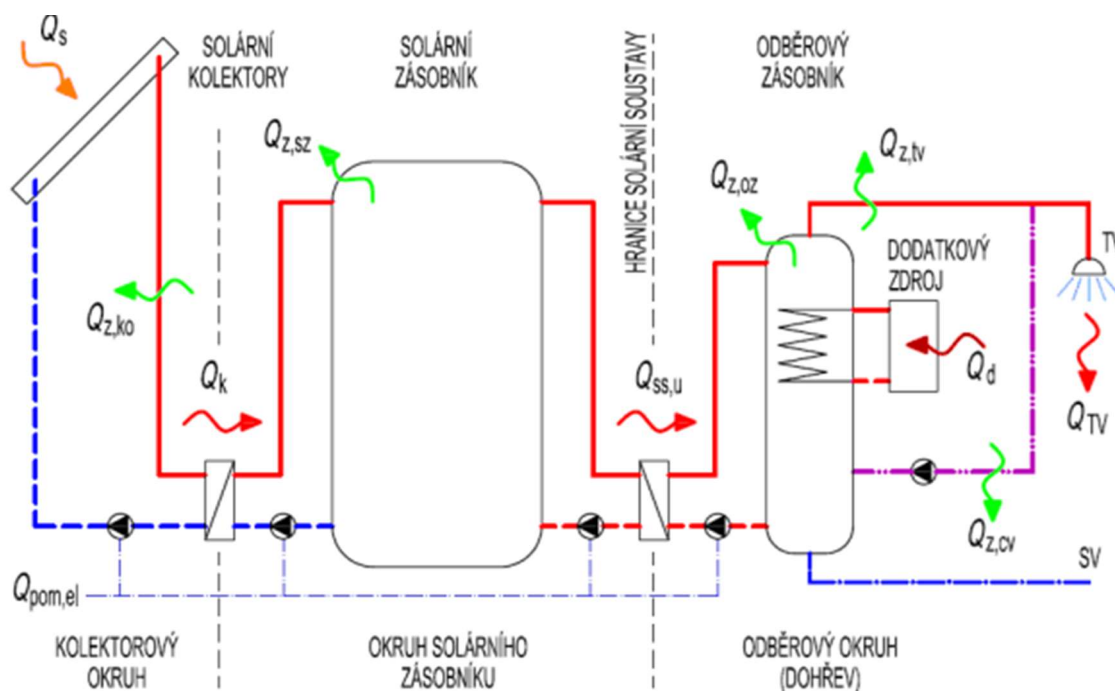
Sériové řazení – při sériovém řazení se sčítají přírůstky Δt , ale snižuje se účinnost. V praxi se běžně zapojuje do série od 5 až 10 kolektorů. Při spojení 5 kolektorů se dosahuje účinnosti 50-60 % a při zapojení 10 kolektorů klesá účinnost pod 40 %. Další ztráty vznikají jako hydraulické odpory v jednotlivých kolektorech, které jsou řazeny za sebou.

Paralelní řazení – při paralelním řazení je stejná teplota a tím pádem i stejná účinnost. V celkovém systému převažují tlakové ztráty vřazenými odpory. Jedná se o změnu směru proudu, náhlou změnu průtočného průřezu a dělení a spojení proudu. Zajistit, aby byl průtok pro všechny kolektory stejný je velmi obtížné, a proto se navrhuje stejný průtočný průměr pro všechny kolektory. Tím vzniká nerovnoměrnost v průtoku, která se řeší vřazením škrťací clonky. Jako neúčinnější způsob je řazení sérioparalelně. Při větším hydraulickém odporu skupiny kolektorů řazených do série se zmenší nerovnoměrnost tlakových ztrát, a tím i nerovnoměrnost paralelního řazení.

3.2.4 Charakteristické parametry solární soustavy

Zapojení solárního okruhu pro celoroční užití a přitápění v přechodovém období. Zapojení dodatkového zdroje tepla je vhodné s rychlím startem a vypnutím, (viz. Obrázek).

Obrázek 9 Schéma velkoplošné solární soustavy pro přípravu teplé vody



Zdroj: Matuška, 2009

Typické zisky solárních soustav pro přípravu teplé vody:

	maloplošné do 20 m ²	velkoplošné nad 50 m ²
předehřev vody	450 až 500 kWh/(m ² .rok)	500 až 600 kWh/(m ² .rok)
příprava teplé vody	300 až 400 kWh/(m ² .rok)	400 až 500 kWh/(m ² .rok)

4. Materiál a metody

Podkladová část pro dimenzování solární soustavy a ekonomické vyhodnocení investice.

4.1 Dimenzování solární soustavy

Dimenzování solární soustavy se obecně rozumí určení plochy a počtu solárních kolektorů. Návrh solárních soustav s dlouhodobou akumulací tepla vyžaduje použití tabulkové procesoru z důvodu nutnosti iteračního řešení návrhu plochy kolektoru.

Při sestavování tepelné bilance se vychází z:

1. Denní spotřeba teplé vody
2. Teoretické možné množství energie
3. Energie difuzního záření
4. Účinnost solárního kolektoru
5. Energie zachycená kolektory
6. Určení plochy solárního kolektoru

4.1.1 Denní spotřeba tepla po ohřev vody - $Q_{\text{spotřeba}}$

Při výpočtu nejprve vycházíme z denní spotřeby tepla za určité období, a to podle vzorce (1).

$$Q_{\text{spotřeba}} = (c_v \cdot \rho \cdot V \cdot (t_2 - t_1))/3600 \quad (1)$$

$Q_{\text{spotřeba}}$ – denní spotřeba teplat (KW.h)

c_v – měrná tepelná kapacita teplonosné kapaliny (J/kg. K)

ρ – hustota vody (kg/m³)

V – objem vody v zásobníku (m³)

t_1 – teplota na vstupu (K)

t_2 – teplota na výstupu z kolektoru (K)

4.1.2 Teoretické možné množství energie – Q_s

Při známé intenzitě dopadajícího záření I a teoretické době slunečního svitu τ , určíme podle vzorce (2) energii dopadající na osluněnou plochu za den.

$$Q_s = \int_{\tau_1}^{\tau_2} I \, d\tau \quad (2)$$

Q_s – teoretické možné množství energie (W.h.m^{-2})

I_D – intenzita difuzního záření (W.m^{-2})

τ_1 a τ_2 – označuje čas východu a západu slunce (h)

4.1.3 Energie difuzního záření - Q_D

Energie difuzního záření je intenzita difuzního záření I_D , které dopadá na naši zemi i když je zatažená obloha a spočítá se podle vzorce (3).

$$Q_s = \int_{\tau_1}^{\tau_2} I_D \, d\tau \quad (3)$$

Q_s – teoretické možné množství difuzní energie (W.h.m^{-2})

I_D – intenzita celkového záření (W.m^{-2})

τ_1 a τ_2 – označuje čas východu a západu slunce (h)

4.1.4 Účinnost solárního kolektoru - η_k

Při výpočtu účinnosti solárních kolektorů podle vzorce (5) vycházíme, z již známých koeficientů a_1 , a_2 , η_0 , které udává výrobce, viz. příloha.

$$\eta_k = \eta_0 - a_1 \left(\frac{t_m - t_e}{I} \right) - a_2 \frac{(t_m - t_e)^2}{I} \quad (5)$$

t_m – střední teplota teplotnosné látky (K)

t_e – teplota vzduchu v okolí kolektoru (K)

I – denní intenzita slunečního záření uvažované plochy kolektoru ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)

a_1 – lineární součinitel tepelné ztráty ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)

a_2 – kvadratický součinitel tepelné ztráty ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)

η_0 – součinitel optické účinnosti (%)

4.1.5 Energie zachycená kolektory - Q_k

Se známou účinností solárního kolektoru η_k a energie dopadající na osluněnou plochu, sestavíme bilanční rovnici (6).

$$Q_k = \eta_k \cdot n \cdot (Q_S + (1 - \tau) \cdot Q_D) \quad (6)$$

Q_k – energie zachycená kolektorem ($\text{W} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}$)

η_k – účinnost kolektoru (%)

n – počet dní (den)

τ – poměr slunečního svitu (teoretický/skutečný) (h)

Q_D – energie difuzního záření (KW.h)

Q_S – teoretické množství energie ($\text{W} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}$)

4.1.6 Určení plochy kolektoru - A_k

Potřebná plocha kolektoru se určí podle vzorce (7), kde známe spotřebu tepelné energie $Q_{spotřeba}$, ke které připočteme tepelné ztráty solární soustavy (potrubí, zásobník). Míra tepelných ztrát p se pohybuje mezi 10-15%.

$$A_k = \frac{Q_{spotřeba} \cdot (1+p)}{q_k} \quad (7)$$

A_k – plocha solárního kolektoru (m^2)

q_k – denní měrný tepelný zisk z kolektoru ($kWh \cdot m^{-2} \cdot den^{-1}$)

$Q_{spotřeba}$ – denní spotřeba teplot ($KW \cdot h$)

p – míra tepelných ztrát

4.2 Klasifikace metod hodnocení efektivnosti investic

Pro posouzení efektivnosti investic přihlížíme, či nepřihlížíme k faktoru času a také posuzujeme hlediska pojetí efektů z investic. V praxi se lze nejčastěji setkat s těmito metodami vyhodnocení efektivnosti investičních záměrů: (Valach, 2001)

1. Hrubí zisk
2. Roční hrubý výnos za zachycenou energii
3. Celkové náklady
4. Čistá současná hodnota
5. Index rentability
6. Průměrná výnosnost
7. Doba návratnosti

4.2.1 Hrubí zisk - Z_h

Zisk je jedním ze základních ekonomických pojmů. Počítá se podle vzorce (8) jako rozdíl mezi výnosy a náklady. Dosahování zisku je jedním z cílů fungování podniku a firem.

$$Z_h = HV - N_v \quad (8)$$

Z_h – hrubí zisk (před zdaněním)

HV - hrubý výnos

N_v - celkové náklady

4.2.2 Roční hrubý výnos za zachycenou energii – HV

Hrubý výnos za zachycenou energii, podle vzorce (9) je poměr získané energie ze solárních kolektorů a vyrobené energie z tepelného kotle.

$$HV = \frac{Q_k \cdot S}{H_u \cdot \eta} \cdot c_p \quad (9)$$

HV - hrubý výnos (Kč)

Q_k – energie jednoho kolektoru (kWh. m⁻²)

S – plocha kolektoru (m²)

H_u – výhřevnost paliva (kWh.m⁻³)

η – účinnost jednoho kolektoru (%)

c_p – cena za jednotku plynu (Kč. m⁻³)

4.2.3 Celkové hrubé náklady – N_v

Celkové hrubé náklady, podle vzorce (10) je suma veškerých nákladů na realizaci investic.

$$N_v = n_o + n_c + n_m + n_e \quad (10)$$

N_v – celkové náklady

n_o – odpis investic do solárních panelech

n_m – náklady na obsluhu

n_e – elektrická energie

4.2.4 Metoda čisté současné hodnoty – ČSH

Čistá současná hodnota je metodou dynamickou, která respektuje faktor času. Vypočítá se podle vzorce (11) jako rozdíl mezi diskontovanými peněžními příjmy a kapitálovými výdaji v jednotlivých letech.

$$\text{ČSH} = \frac{P_n}{(1+i)^N} - K \quad (11)$$

ČSH – čistá současná hodnota

N – doba životnosti

P_n – peněžní příjem

i – úrokový koeficient (požadovaná výnosnost)

K – kapitálové výdeje

ČSH > 0 diskontované peněžní příjmy převyšují kapitálový výdaje, zisk

ČSH < 0 diskontované peněžní příjmy jsou menší než kapitálový výdaj, ztráta

ČSH = 0 diskontované peněžní příjmy se rovnají kapitálovému výdaji,

4.2.5 Index rentability - I_z

Index rentability, podle vzorce (12) je podíl současné hodnoty peněžní příjmů a počátečních kapitálových výdajů. Index rentability nám říká, kolik Kč příjmů získáme z 1 vložení Kč.

$$I_z = \frac{\frac{P_n}{(1+i)^N}}{K} \quad (12)$$

I_z – index ziskovosti

ČSH > 0 $\Rightarrow I_z > 1$ ziskový

ČSH < 0 $\Rightarrow I_z < 1$ ztrátový

ČSH = 0 $\Rightarrow I_z = 1$

4.2.6 Průměrná výnosnost - V_p

Metoda průměrné výnosnosti, podle vzorce (13) je podíl ročního zisku a průměrné hodnoty investičního majetku za léta životnosti.

$$V_p = \frac{\sum_{n=1}^N Z_n}{n \cdot I_p} \quad (13)$$

V_p – průměrná výnosnost investice

Z_n – roční zisk z investice po zdanění v jednotlivých letech životnosti

I_p – průměrná roční hodnota investičního majetku

n – jednotlivá léta životnosti

4.2.7 Doba návratnosti - I

$$I = Z_n - O_n$$

I – pořizovací cena

Z_n – čistý zisk

O_n – odpisy v jednotlivých letech životnosti

4.3 Aktuální stav na katedře tělesné výchovy

Při návrhu Solárního systému se vycházelo z dosavadního technického zařízení

4.3.1 Kondenzační kotel, R600

Vytápění sportovní haly na katedře tělesné výchov je zajištěno plynovým kotlem R600 o výkonu $P = 545,1 \text{ kW}$, viz (Obrázek 9). Vzniklé spaliny při spalování plynu se odvádějí směrem dolů a díky velké ploše výměníku (nebo dvou výměníků) umožňuje využití kondenzačního tepla.

Voda prochází protiproudým výměníkem směrem nahoru a odtud do výstupu topení. Toto řešení umožňuje maximální využití tepla v systému a vysokou účinnost provozu.

Obrázek 10 Kondenzační kotel



Zdroj: Rendamax, 2018

4.3.2 Zásobník teplé vody, Jumbo 1000

Nepřímo ohřívané zásobníky teplé vody (Obrázek 12) s instalací na podlahu, vybavené velkou teplosměnnou plochou výměníku tepla, která je určena pro střední a vysoké odběrové výkony.

Obrázek 11 Zásobník teplé vody



Popis:

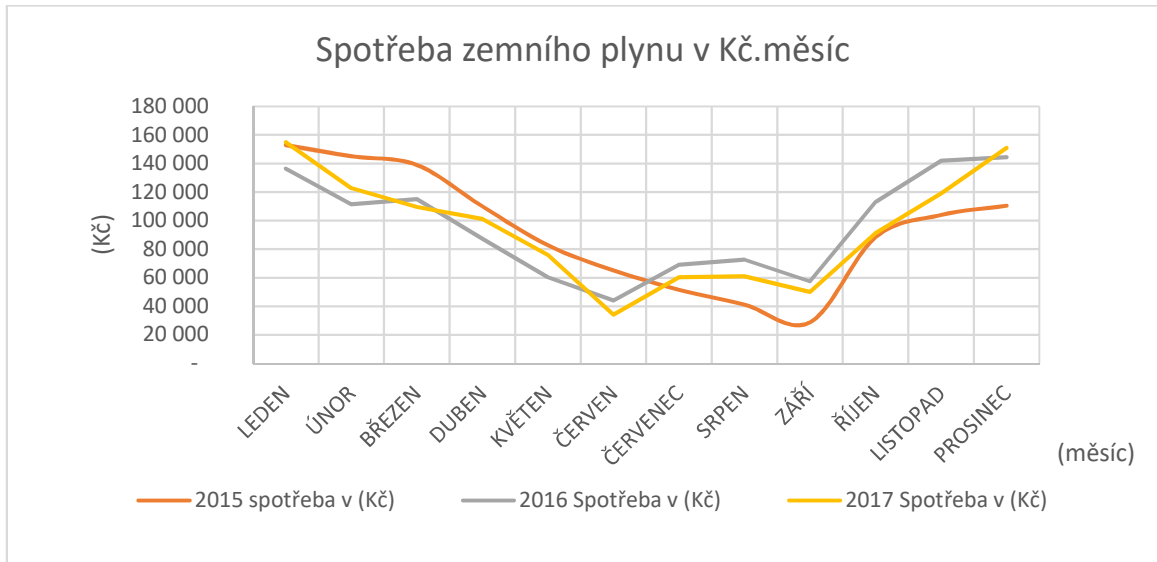
1. Výstup teplé vody
2. Ruční odvzdušňovací ventil
3. Vstup studené vody
4. Horní víko z polypropylenu
5. Nerezová jímka
6. 70 mm měkké izolace (měkčená polyuretanová pěna)
7. Vnější opláštění se zipem
8. Vstup cirkulace teplé vody
9. Vstup topné vody
10. Nerezový zásobník teplé vody
11. Ocelový zásobník topné vody
12. Výstup topné vody

Zdroj: ACV, 2018

4.4 Spotřeba zemního plynu za rok

Graf (1) zobrazuje spotřebu zemního plynu za poslední tři roky.

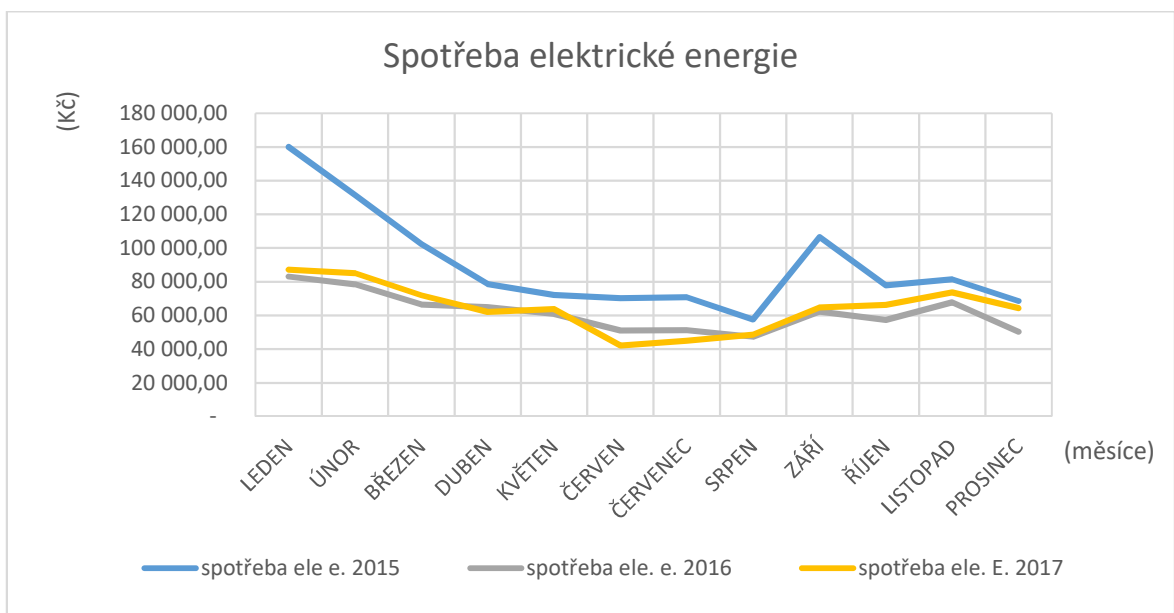
Graf 1 Spotřeba zemního plynu



4.5 Spotřeba elektrické energie za rok

Graf (2) zobrazuje spotřebu elektrické energie za poslední tři roky.

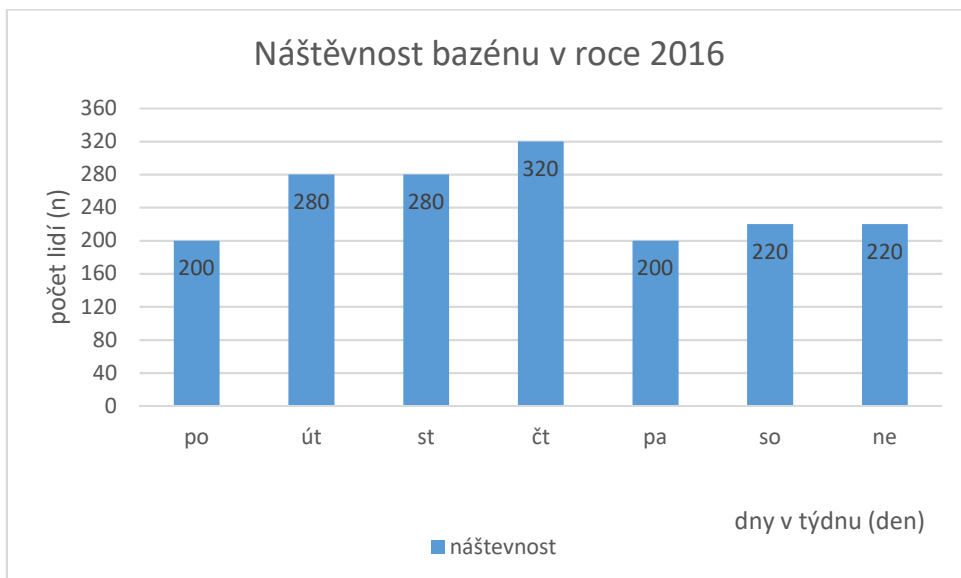
Graf 2 Spotřeba elektrické energie



4.6 Průměrná týdenní návštěvnost bazénu

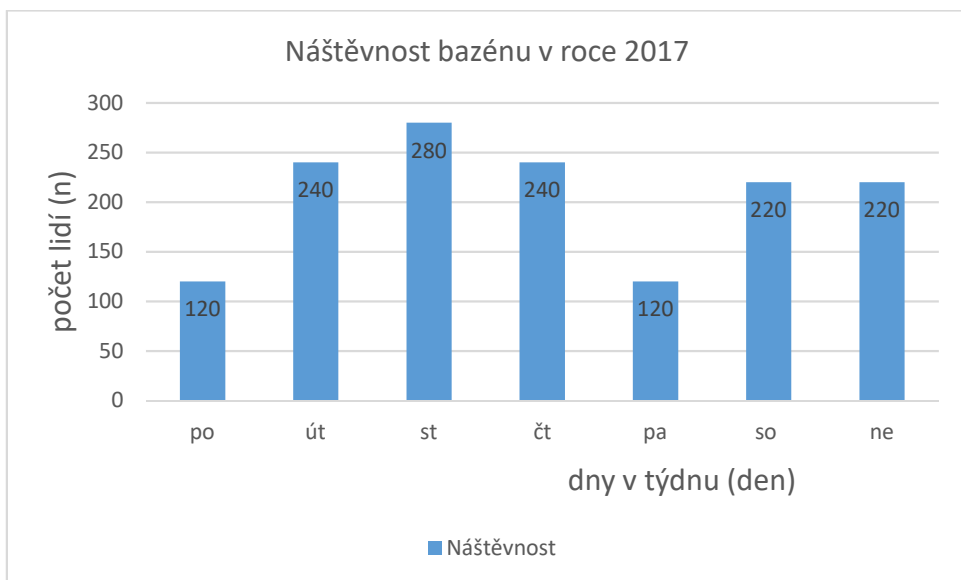
Graf (3) zobrazuje průměrnou návštěvnost bazénu za týden v roce 2016.

Graf 3 Průměrná návštěvnost bazénu



Graf (4) zobrazuje průměrnou návštěvnost bazénu za týden v roce 2017.

Graf 4 průměrná návštěvnost bazénu



4.6.1 Technický popis solární soustavy

Zapojení se skládá z kolektorového okruhu, okruhu solárního zásobníku a odběrového okruhu.

Popis solárního okruhu; čerpadlo je umístěno na vstupu do kolektoru za nulovým bodem (připojení expanzní nádoby) - celá soustava je v přetlaku (omezení vniku vzduchu a koroze); na sání oběhového čerpadla je umístěn spirovent - kontinuální odlučování vzduchu ze soustavy (pouze u větších soustav - u menších je plně postačující ruční odvzdušnění); na kolektoru je umístěn uzavírací odvzdušňovací ventil (odvzdušnění pouze při montáži a nahřátí) - v případě varu v kolektorech neuniká náplň solárního okruhu do atmosféry, příp. na střechu; zpětná klapka zabraňuje zpětném proudění v solárním okruhu (nevychlazuje se v noci zásobník); pojistný ventil je na výstupu z kolektoru, zapojení výměníku je v kolektorovém okruhu.

Okruh solárního zásobníku funguje jako akumulátor teplé vody. Podle potřeby je přečerpán do hlavního zásobníku.

V odběrovém okruhu zásobníku TV je zapojen dodatečný zdroj tepla (plynový kotel) - dohřívá zbylou část zásobníku.

4.6.2 Funkce solární soustavy

Čerpadlo v kolektorovém okruhu je spuštěné, jestliže regulátor zaznamená rozdíl teplot mezi čidlem kolektoru a čidlem v zásobníku. Pro sepnutí čerpadla musí být na kolektoru vyšší teplo než v zásobníku. Bezpečnostní termostat zabezpečuje, aby nedošlo k přehřátí v zásobníku. Teplo v zásobníku se zvyšuje na teplotu 55 °C a poté je přerušeno, pokud není odběr tepla. V odběrovém okruhu je voda přečerpána do zásobníku a pokud není dostatečně ohřáta, je aktivován doplňkový zdroj tepla. Teplota v zásobníku může být vyšší, a proto je za výstupem TV instalováno směšovací zařízení, které nám zajišťuje požadovanou teplotu 55 °C smíšením se studenou vodou.

5. Výsledky

Výsledné hodnoty jsou přehledně zpracovány do tabulek a grafů. Při výpočtu se vycházelo ze základních údajů:

- Denní návštěvnost 300 lidí
- Rozměry střechy 2 x 756 m²
- Teplota ve sprchách 35 °C
- Spotřeba vody 35 l/osobu
- Solární panel SUNTIME 2.1

5.1 Celkové účinky slunečního záření

Sluneční záření dopadající na plochu pod vrstvou atmosféry se skládá ze slunečního záření přímého a difuzního. V tabulce (Tabulka 2) je zobrazena intenzita dopadající slunečního záření v charakteristických měsících na různé skloněné plochy.

Tabulka 2 Celková intenzita slunečního záření

α	Intenzita celkového záření (W.m-2)																	
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Leden	299	352	402	450	494	536	574	608	638	664	685	702	714	720	722	719	711	698
Únor	454	511	565	615	661	703	740	773	800	821	838	848	853	852	845	833	814	791
Březen	643	697	747	791	831	865	893	916	932	942	946	944	936	921	900	873	841	803
Duben	793	837	876	909	936	957	972	981	983	979	969	952	929	901	866	826	781	731
Květen	888	924	953	977	994	1005	1009	1007	999	984	963	935	902	863	819	770	716	658
Červen	919	951	976	995	1008	1014	1014	1008	995	975	950	919	881	839	791	739	682	621
Červenec	878	912	941	964	981	991	995	993	985	970	949	922	889	851	807	759	706	649
Srpen	778	820	857	889	915	935	950	958	960	956	945	929	906	878	845	806	762	713
Září	619	669	715	756	793	824	850	871	886	895	898	895	887	873	853	827	796	760
Říjen	437	490	540	586	629	668	702	732	757	777	791	801	805	803	796	784	767	744
Listopad	292	342	390	436	478	518	554	586	615	639	659	675	686	692	694	691	683	670
Prosinec	236	284	330	374	416	455	491	524	553	578	600	617	631	639	644	644	639	630

5.2 Výsledné hodnoty dopadající energie

V tabulce (Tabulka 3) je zobrazené teoretické množství dopadající energie v charakteristických měsících na různě skloněné plochy. Pod tabulkou je znázorněné průměrné a celkové množství energie.

Tabulka 3 Teoretické množství dopadající energie za období 12. měsíců

Teoretické množství energie Q s měsíc teor 12 měsíců (W.h.m-2)																		
α	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Leden	397	467	534	597	657	712	762	808	848	882	910	932	948	957	959	955	945	927
Únor	1 158	1 304	1 441	1 569	1 687	1 794	1 889	1 971	2 040	2 096	2 137	2 164	2 176	2 174	2 156	2 124	2 078	2 017
Březen	3 553	3 850	4 122	4 368	4 586	4 774	4 931	5 055	5 146	5 203	5 225	5 213	5 166	5 084	4 969	4 821	4 642	4 432
Duben	4 631	4 887	5 113	5 305	5 464	5 588	5 676	5 727	5 740	5 717	5 656	5 559	5 426	5 259	5 057	4 824	4 560	4 268
Květen	7 093	7 375	7 610	7 797	7 934	8 021	8 056	8 040	7 972	7 854	7 685	7 467	7 203	6 893	6 540	6 147	5 718	5 254
Červen	7 859	8 126	8 343	8 506	8 616	8 671	8 670	8 614	8 504	8 339	8 122	7 853	7 536	7 171	6 763	6 314	5 828	5 308
Červenec	8 127	8 446	8 713	8 924	9 079	9 177	9 215	9 195	9 117	8 980	8 786	8 537	8 234	7 880	7 477	7 029	6 538	6 009
Srpen	7 356	7 756	8 107	8 407	8 654	8 845	8 980	9 057	9 076	9 037	8 939	8 784	8 572	8 306	7 988	7 619	7 203	6 742
Září	5 007	5 412	5 782	6 117	6 412	6 666	6 877	7 044	7 164	7 237	7 263	7 242	7 173	7 056	6 894	6 687	6 437	6 145
Říjen	1 884	2 113	2 328	2 528	2 713	2 880	3 028	3 156	3 263	3 349	3 412	3 452	3 469	3 463	3 434	3 381	3 306	3 209
Listopad	388	455	518	579	635	688	736	779	817	849	876	896	911	919	921	917	907	890
Prosinec	151	182	212	240	267	292	315	336	355	371	385	396	404	410	413	413	410	404
Průměr	3 967	4 198	4 402	4 578	4 725	4 842	4 928	4 982	5 004	4 993	4 950	4 875	4 768	4 631	4 464	4 269	4 048	3 801
Celková energie	47 606	50 371	52 821	54 938	56 704	58 107	59 135	59 782	60 042	59 913	59 396	58 495	57 217	55 572	53 572	51 232	48 571	45 608

V tabulce (Tabulka 4) je zobrazené teoretické množství dopadající energie v charakteristických měsících na různě skloněné plochy. Pod tabulkou je znázorněné průměrné a celkové množství energie.

Tabulka 4 Teoretické množství energie za období 6 měsíců

Teoretické množství energie Q s měsíc teor 6 měsíců ($W \cdot h \cdot m^{-2}$)																		
α	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Duben	4 631	4 887	5 113	5 305	5 464	5 588	5 676	5 727	5 740	5 717	5 656	5 559	5 426	5 259	5 057	4 824	4 560	4 268
Květen	7 093	7 375	7 610	7 797	7 934	8 021	8 056	8 040	7 972	7 854	7 685	7 467	7 203	6 893	6 540	6 147	5 718	5 254
Červen	7 859	8 126	8 343	8 506	8 616	8 671	8 670	8 614	8 504	8 339	8 122	7 853	7 536	7 171	6 763	6 314	5 828	5 308
Červenec	8 127	8 446	8 713	8 924	9 079	9 177	9 215	9 195	9 117	8 980	8 786	8 537	8 234	7 880	7 477	7 029	6 538	6 009
Srpen	7 356	7 756	8 107	8 407	8 654	8 845	8 980	9 057	9 076	9 037	8 939	8 784	8 572	8 306	7 988	7 619	7 203	6 742
Září	5 007	5 412	5 782	6 117	6 412	6 666	6 877	7 044	7 164	7 237	7 263	7 242	7 173	7 056	6 894	6 687	6 437	6 145
Průměr	6 679	7 000	7 278	7 509	7 693	7 828	7 913	7 946	7 929	7 861	7 742	7 574	7 357	7 094	6 787	6 437	6 047	5 621
Celková energie	40 073	42 002	43 667	45 057	46 160	46 968	47 475	47 677	47 573	47 164	46 451	45 442	44 143	42 565	40 719	38 620	36 283	33 727

5.3 Množství solárních kolektorů

V tabulce (Tabulka 5) je zobrazené teoretické množství dopadající energie v charakteristických měsících na různé skloněné plochy. Pod tabulkou je znázorněné průměrné množství solárních kolektorů.

Tabulka 5 Množství solárních kolektorů za období 12 měsíců

množství solárních kolektorů za období 12 měsíců																		
α	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Leden	637,6	553,9	492,1	445,0	408,3	379,3	356,2	337,8	323,1	311,5	302,6	296,1	291,7	289,2	288,7	290,1	293,3	298,7
Únor	239,5	214,1	194,6	179,4	167,4	157,7	150,1	144,0	139,3	135,7	133,2	131,6	130,9	131,0	132,1	134,0	136,9	140,9
Březen	81,1	75,0	70,1	66,2	63,1	60,6	58,7	57,3	56,3	55,7	55,5	55,6	56,1	57,0	58,3	60,0	62,3	65,2
Duben	62,4	59,1	56,6	54,5	53,0	51,8	51,0	50,6	50,4	50,6	51,2	52,1	53,3	55,0	57,1	59,8	63,2	67,5
Květen	41,0	39,4	38,2	37,3	36,7	36,3	36,1	36,2	36,5	37,0	37,8	38,9	40,3	42,1	44,4	47,1	50,6	55,0
Červen	37,0	35,8	34,9	34,2	33,8	33,6	33,6	33,8	34,2	34,9	35,8	37,0	38,6	40,5	42,9	45,9	49,7	54,5
Červenec	35,8	34,5	33,4	32,6	32,1	31,7	31,6	31,7	32,0	32,4	33,1	34,1	35,3	36,9	38,9	41,3	44,4	48,3
Srpen	39,6	37,5	35,9	34,6	33,7	32,9	32,5	32,2	32,1	32,2	32,6	33,2	34,0	35,1	36,4	38,2	40,4	43,1
Září	57,9	53,6	50,2	47,5	45,3	43,6	42,3	41,3	40,6	40,2	40,1	40,2	40,6	41,2	42,2	43,5	45,2	47,3
Říjen	150,6	134,8	122,7	113,2	105,7	99,7	94,9	91,2	88,2	86,0	84,5	83,5	83,1	83,3	84,0	85,3	87,2	89,8
Listopad	646,6	564,3	503,0	456,1	419,4	390,3	367,1	348,5	333,7	322,1	313,2	306,6	302,2	299,9	299,5	301,1	304,6	310,2
Prosinec	1378,0	1204,9	1075,0	974,9	896,2	833,5	783,2	742,7	710,2	684,2	664,0	648,8	638,0	631,4	628,8	630,1	635,3	644,5
průměr	283,9	250,6	225,6	206,3	191,2	179,3	169,8	162,3	156,4	151,9	148,6	146,5	145,3	145,2	146,1	148,0	151,1	155,4
zaokrouhle no nahoru	284	251	226	207	192	180	170	163	157	152	149	147	146	146	147	149	152	156

V tabulce (Tabulka 6) je zobrazené teoretické množství dopadající energie v charakteristických měsících na různě skloněné plochy. Pod tabulkou je znázorněné průměrné množství solárních kolektorů.

Tabulka 6 Množství solárních kolektorů za období 6 měsíců

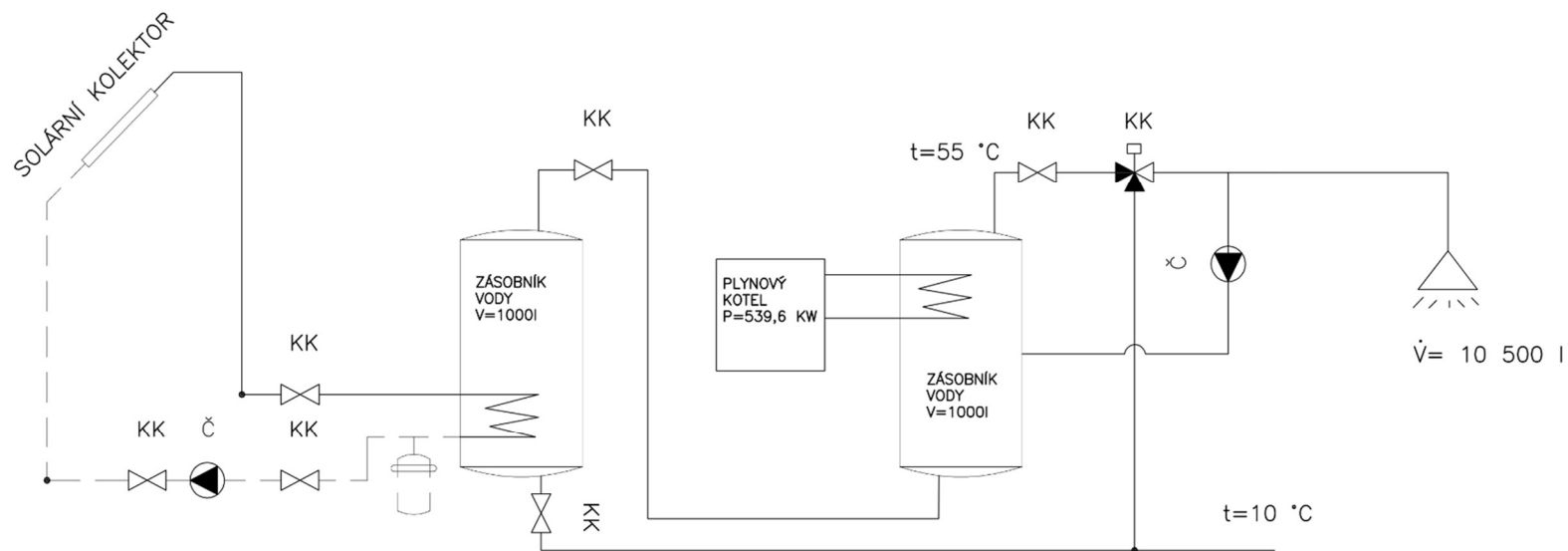
množství soárních kolektorů za období 6 měsíců																		
α	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Duben	65,4	62,1	59,4	57,2	55,6	54,4	53,6	53,1	52,9	53,2	53,7	54,6	55,9	57,7	60,0	62,8	66,4	70,8
Květen	43,0	41,4	40,1	39,2	38,5	38,1	37,9	38,0	38,3	38,9	39,7	40,8	42,3	44,2	46,6	49,5	53,1	57,8
Červen	38,9	37,6	36,6	35,9	35,5	35,2	35,2	35,5	35,9	36,6	37,6	38,9	40,5	42,5	45,0	48,2	52,2	57,2
Červenec	37,6	36,2	35,1	34,3	33,7	33,3	33,2	33,3	33,5	34,0	34,8	35,8	37,1	38,7	40,8	43,4	46,6	50,6
Srpen	41,5	39,4	37,7	36,4	35,3	34,6	34,1	33,8	33,7	33,8	34,2	34,8	35,7	36,8	38,2	40,1	42,4	45,2
Září	60,8	56,3	52,7	49,9	47,6	45,8	44,4	43,4	42,6	42,2	42,1	42,2	42,6	43,3	44,3	45,6	47,4	49,6
průměr	47,9	45,5	43,6	42,1	41,0	40,2	39,7	39,5	39,5	39,8	40,3	41,2	42,3	43,9	45,8	48,3	51,3	55,2
	47,9	45,5	43,6	42,1	41,0	40,2	39,7	39,5	39,5	39,8	40,3	41,2	42,3	43,9	45,8	48,3	51,3	55,2
zaokrouhle no nahoru	48	46	44	43	42	41	40	40	40	40	41	42	43	44	46	49	52	56

5.4 Schéma zapojení

5.4.1 Schéma zapojení pro celoroční provoz (od ledna do prosince)

Jedná se o přímou aktivní soustavu s jedním čerpadlem. Voda je přímo odebírána ze zásobníku a ohřívána v kolektorech, viz (Schéma 1)

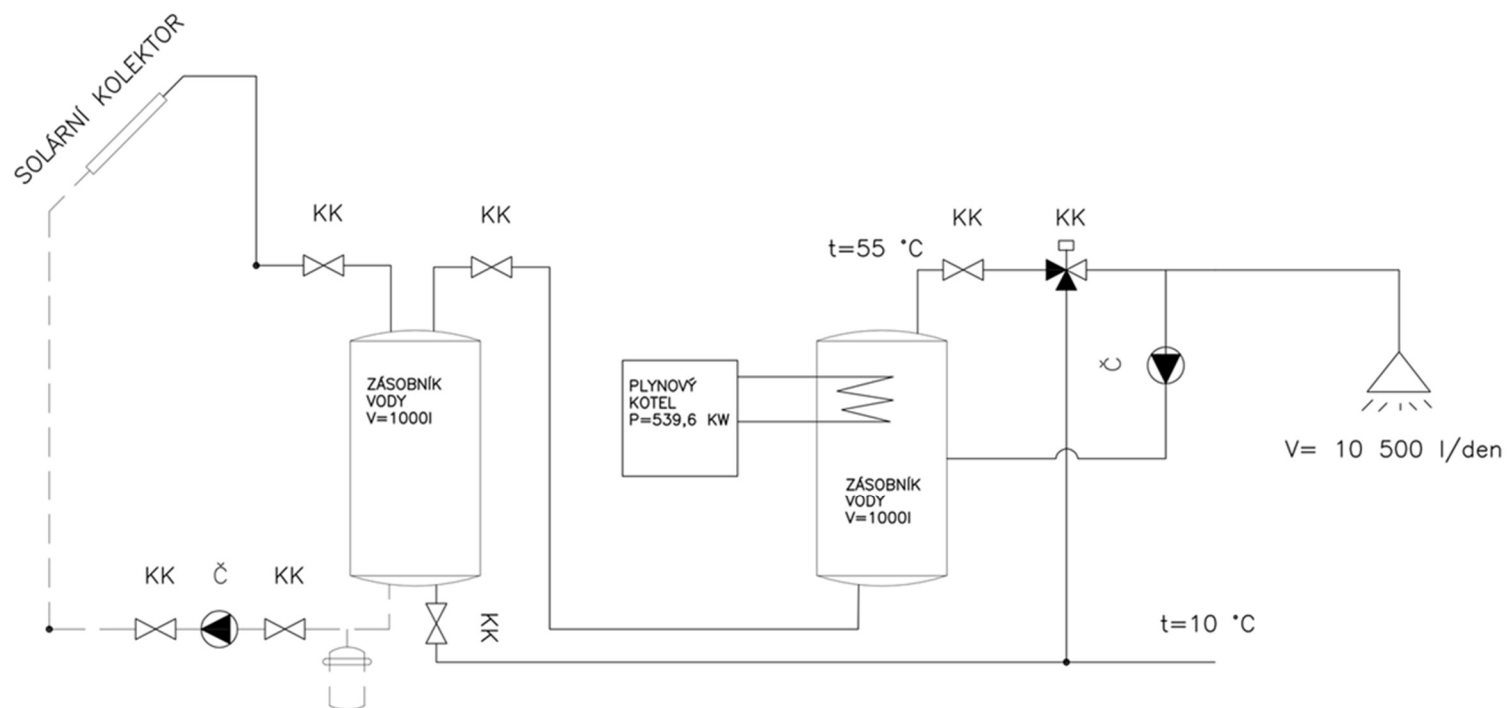
Schéma: 1 Zapojení kolektoru pro zimní provoz



5.4.2 Schéma zapojení pro sezónní provoz (od dubna do září)

Jedná se o nepřímou aktivní soustavu s jedním čerpadlem. Voda je přímo odebírána ze zásobníku a ohřívána v kolektorech, viz. (Schéma 2)

Schéma: 2 Zapojení kolektoru pro letní provoz



Seznam použitých zkratk jsou znázorněny v tabulce (7)

Tabulka 7 Legenda

LEGENDA	
Č	čerpadlo
EN	expanzní nádoba
KK	kulový kohout
T	Teploměr
TSV	termostatický směšovací ventil
VK	vypouštěcí kohout
PV	pojišťovací ventil

5.5 Hodnocení efektivnosti vybrané investice

V tabulce (8) jsou přehledně zobrazeny investice na celoroční a sezonní provoz.

Tabulka 8 Hodnocení investice

	Celoroční provoz	Sezonní provoz
Z _n	1 590 545,22	1 927 041,33 Kč
Výnos	188 451,37	131 633,23
N _i	3 032 716,67 Kč	772 666,67
n _e	7 703,40 Kč	1 551,49
ČSH	- 438 715,43 Kč	1 039 242,53 Kč
i	0,06	0,06
n	30	30
l _z	- 0,14 Kč	1,35 Kč
V _p	6,21%	17,04%
l	18	12

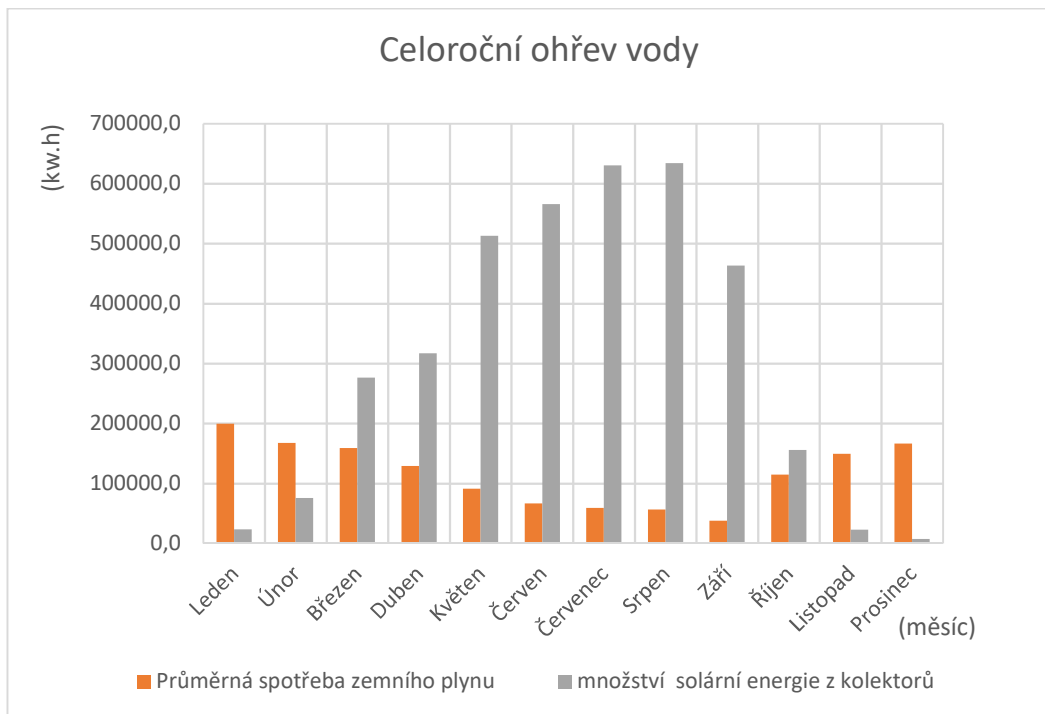
V tabulce (9) jsou zobrazeny odpisy za sluneční kolektory. Jedná se o odpisovou skupin 2, v prvním roce odepisování s 11% a ve zbývajících 4 letech odepisování 22,25%.

Tabulka 9 Odpisy za jednotlivá léta

léta	celoroční provoz	sezonní provoz
	no	no
1	333 598,83	84 993,33 Kč
2	531 641,25	173 850,00 Kč
3	531 641,25	173 850,00 Kč
4	531 641,25	173 850,00 Kč
5	531 641,25	173 850,00 Kč

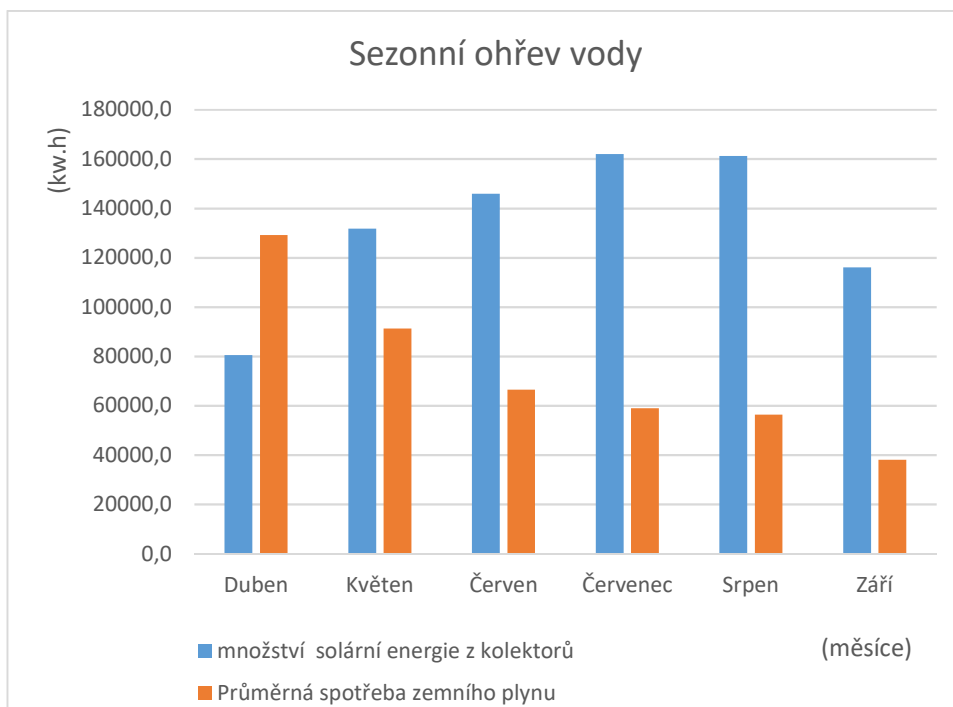
Graf (5) zobrazuje spotřebu zemního plynu a množství vyprodukovaná energie ze 157 solárních kolektorů.

Graf 5 Celoroční ohřev vody



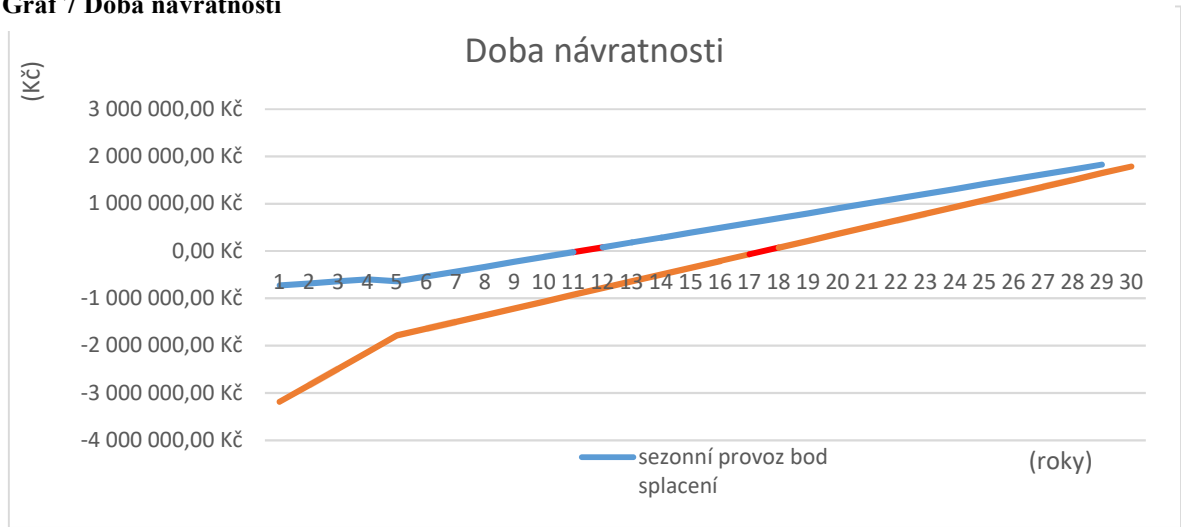
Graf (6) zobrazuje spotřebu zemního plynu a množství vyprodukovaná energie ze 40 solárních kolektorů.

Graf 6 Sezonní ohřev vody



Graf (7) zobrazuje dobu návratnost vložené investice s 5letými odpisy.

Graf 7 Doba návratnosti



6. Diskuze a závěr

Při posuzování ekonomické efektivity solárních termických kolektorů byly použity základní metody výpočtu čisté hodnoty zisku. Podkladem při výpočtu byly tabulkové hodnoty, z kterých byla určena intenzita přímého slunečního záření. Při známé dopadající sluneční energii jsem určil počet kolektorů a jeho potřebný sklon α .

Při navrhování solárního systému jsem vycházel z původního zapojení na KTV, abych eliminoval jakékoliv další investiční náklady, jako je akumulční zásobník nebo instalace nového vedení potrubí. Nejekonomičtější řešení se tedy jeví ohřev TV do sprch, kde nebyly tak vysoké pořizovací náklady.

V grafu (5) je zobrazena spotřeba zemního plynu a množství vyprodukované energie ze 157 solárních kolektorů. V období leden, únor, listopad a prosinec se pracuje s nedostatkem solární energie, a proto ji musíme dodávat z cizího zdroje. V období od března do října pracujeme s velkým přebytkem solární energie. Pro toto přebytečné teplo se v období prázdnin na KT CZU nenachází využití.

V grafu (6) je zobrazena spotřeba zemního plynu a množství vyprodukovaná energie ze 40 solárních kolektorů. V období od dubna do září se pracuje s přebytkem solární energie. Toto přebytečné teplo se dá využít jako rezerva v období, kdy není dostatečná sluneční intenzita. Pro další zvýšení účinnosti solárního systému, může být využit přebytek tepla na ohřev bazénové vody.

Při výpočtu bylo uvažováno o dvou variantách, které jsou přehledně zobrazeny v tab. 8. U každé varianty je ukázán finanční zisk nebo ztráta za dobu životnosti. Z výsledků vyplývá, že nejlépe vychází varianta pro sezonní ohřev vody, a to od dubna do září. Celková pořizovací cena je 772 667 Kč. Životnost kolektoru je odhadována na 30 let a doba návratnosti je 12 let. Čistý roční zisk je 64 235 Kč.

Výhody solárních kolektorů bych viděl v nízkých provozních nákladech, kdy byla spotřeba elektrické energie 1 551 Kč za období 6 měsíců. A hlavně nesmíme zapomenout na ekologický přínos.

Nevýhodu solárních kolektorů je jejich vysoká pořizovací cena, která brání v jejich širším využití. V období letní sezony (duben až září) se produkuje velké množství tepelné energie.

7. Seznam použitých zdrojů

- Cihelka, Jaromír. 1994.** *Solární tepelná technika*. Praha : T. Mailana, 1994.
- Jirout, Vladimír. 2007.** *příprava teplé vody*. Praha : Společnost pro techniku prostředí, 2007. ISBN 978-80-02-01910-7.
- Kriš, Jozef. 2000.** *Bazény a kúpalistka*. Bratislava : Jaga group, 2000. ISBN 80-88905-30-3.
- Macháček, Vladimír. 2011.** tzb-info.cz. *ROTEX SOLARIS - "DRAIN-BACK" beztlaký samovypouštěcí systém bez glykolové směsi*. [Online] 2. Květen 2011. [Citace: 27. Leden 2018.] <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/7408-rotex-solaris-drain-back-beztlaky-samovypousteci-system-bez-glykolove-smesi>.
- Matuška, Tomáš. 2008.** Typy solárních kolektorů. *tzb-info*. [Online] 2008. [Citace: 29. Leden 2018.] <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solarnich-kolektoru>.
- Mittrmair, Franz. 1995.** *Zařízení se Slunečními kolektory*. Ostrava : HEL, 1995.
- Svoboda, František. 1988.** *balneotechnika 1*. Brno : VUT Brno, 1988. ISBN 80-214-1040-X.
- Šourek, Bořivoj. 2011.** Hydraulická zapojení. *tzb-info*. [Online] 2011. [Citace: 3. březen 2018.] <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/153-hydraulicka-zapojeni>.
- Thorpe, David. 2011.** *Solar Technology*. New York : Earthsan, 2011. ISBN 978-1-84971-109-8.
- Valach, Jan. 2001.** *Investiční rozhodování a dlouhodobé financování 1*. Praha : Ekopres, 2001. ISBN 80-86119-38-6.

8. Přílohy

Solární panel SUNTIME 2.1

Dotace Nová zelená úsporám SVT kód	SVT176
Vnější rozměr	1895 mm × 1063 mm
Celková hrubá plocha kolektoru	2,014 m ²
Plocha apertury	1,842 m ²
Absorpční plocha	1,832 m ²
Hmotnost	35 kg
Objem teplotnosné kapaliny	1,4 litrů
Materiál a povrch solárního absorbéru	Celo měděný absorbér s vysoce selektivní vrstvou
Připojovací rozměr	Cu trubka Ø 22 mm
Krycí sklo	solární 4 mm, bezpečnostní kalené
Tepelná izolace zadní strany	minerální vata 30 mm + PIR 20 mm
Tepelná izolace boční strany	minerální vata 20 mm
Rám kolektoru	bronzově eloxovaný hliníkový profil
Propustnost slunečního záření skla	91,30%
Solární absorptivita	95 % ± 2 %
Emisivita při 100°C	5 % ± 2 %
Optická účinnost (pro plochu apertury)	80,34%
Lineární ztrátový součinitel (pro plochu apertury)	3,8245 Wm ⁻² K ⁻¹
Kvadratický ztrátový součinitel (pro plochu apertury)	0,0056 Wm ⁻² K ⁻²
Optická účinnost (pro hrubou plochu)	73,47 %
Lineární ztrátový součinitel (pro hrubou plochu)	3,4972 Wm ⁻² K ⁻¹
Kvadratický ztrátový součinitel (pro hrubou plochu)	0,0051 Wm ⁻² K ⁻²
Účinnost solárního termického kolektoru podle vyhlášky č. 441/2012 Sb.	68,30 %
Doporučená pracovní teplota	do 120 °C
Stagnační teplota **	211,5 °C
Maximální přetlak teplotnosné kapaliny	6 bar
Testovací tlak	10 bar
Doporučený průtok	40–120 l / h kolektor
Energetický zisk *	800–1200 kWh / rok

Seznam obrázků

Obrázek 1 Půdorysný pohled na KTV	10
Obrázek 2 Stratifikační zásobník	14
Obrázek 3 Stratifikačních zásobníků	15
Obrázek 4 Ohřev homogenního zásobníku (nahore) a stratifikačního zásobníku	15
Obrázek 5 Rozdělení solárních kolektorů	16
Obrázek 6 Jednostěnný trubkový vakuový kolektor	18
Obrázek 7 Dvojtěnné trubkové vakuové kolektory	18
Obrázek 8 Drainback	22
Obrázek 9 Schéma velkoplošné solární soustavy pro přípravu teplé vody	24
Obrázek 10 Kondenzační kotel	33
Obrázek 11 Zásobník teplé vody	34

Seznam grafů

Graf 1 Spotřeba zemního plynu	35
Graf 2 Spotřeba elektrické energie	35
Graf 3 Průměrná návštěvnost bazénu	36
Graf 4 průměrná návštěvnost bazénu	36
Graf 5 Celoroční ohřev vody	47
Graf 6 Sezonní ohřev vody	47
Graf 7 Doba návratnosti	48

Seznam tabulek

Tabulka 1 Kombinace solárních systému pro TV	19
Tabulka 2 Celková intenzita slunečního záření	39
Tabulka 3 Teoretické množství dopadající energie za období 12. měsíců	40
Tabulka 4 Teoretické množství energie za období 6 měsíců	41
Tabulka 5 Množství solárních kolektorů za období 12 měsíců	42
Tabulka 6 Množství solárních kolektorů za období 6 měsíců	43
Tabulka 7 Legenda	46
Tabulka 8 Hodnocení investice	46
Tabulka 9 Odpisy za jednotlivá léta	46

