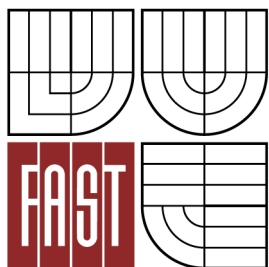




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

HYDRAULIKA SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ

HYDRAULICS SOLAR SYSTEMS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. LUCIE PODJUKLOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MARCELA POČINKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. Lucie Podjuklová
Název	Hydraulika solárních systémů
Vedoucí diplomové práce	Ing. Marcela Počinková, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2011
Datum odevzdání diplomové práce	13. 1. 2012
V Brně dne 31. 3. 2011	

.....
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

Zásady pro vypracování

Práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony a vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb.

Obsah a uspořádání práce dle směrnice FAST:

- a) titulní list,
- b) zadání VŠKP,
- c) licenční smlouva podepsaná autorem VŠKP,
- d) abstrakt v českém a anglickém jazyce, klíčová slova v českém a anglickém jazyce,
- e) bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690,
- f) prohlášení autora o původnosti práce, podpis autora,
- g) poděkování (nepovinné),
- h) obsah,
- i) úvod,
- j) vlastní text práce

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení

Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

Aktuální technická řešení v praxi

Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)

Experimentální řešení (popis metody a přístrojové techniky)

Řešení využívající výpočetní techniku.

B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení

Návrh technického řešení ve 2 až 3 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů) v rozpracovanosti rozšířeného projektu pro stavební povolení: půdorysy v měřítku 1:100, stručná technická zpráva

Ideové řešení navazujících profesí TZB (ZTI, UT, VZT) v zadané budově

Hodnocení navržených variant řešení z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu, dopadu na životní prostředí apod.;

C1. Experimentální řešení a zpracování výsledků

Experiment realizovaný v laboratoři nebo reálné budově postihující dílčí část zadané problematiky

- k) závěr,
- l) seznam použitých zdrojů,
- m) seznam použitých zkratk a symbolů,
- n) seznam příloh,
- o) přílohy – výkresy

Vše bude svázáno pevnou vazbou. Volné dokumenty (metadata, posudky, výsledky obhajoby) budou vloženy do kapsy na předních deskách, výkresy budou poskládány a uloženy jako příloha v kapse na zadní straně desek. Na posledním listě bude vlepeno CD.

Předepsané přílohy

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

.....

Ing. Marcela Počinková, Ph.D.

LICENČNÍ SMLOUVA POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Lucie Podjuklová
Bytem: Březová 798, Orlová 73514
Narozen/a (datum a místo): 2. 4. 1987
(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta stavební
se sídlem Veveří 331/95, Brno 602 00
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):
- disertační práce
 - diplomová práce
 - bakalářská práce
 - jiná práce, jejíž druh je specifikován jako
- (dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: HYDRAULIKA SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ
Vedoucí/ školitel VŠKP: Ing. MARCELA POČINKOVÁ, Ph.D.
Ústav: Ústav technických zařízení budov
Datum obhajoby VŠKP: 01. 02. 2012

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v * :

x tištěné formě	–	počet exemplářů	1x
x elektronické formě	–	počet exemplářů	2x

* hodící se zaškrtněte

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ihned po uzavření této smlouvy
 - 1 rok po uzavření této smlouvy
 - 3 roky po uzavření této smlouvy
 - 5 let po uzavření této smlouvy
 - 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne: 01. 02. 2012

.....
Nabyvatel

.....
Autor

ABSTRAKT V ČESKÉM JAZYCE

Projekt řeší v teoretické části hydrauliku solárních systémů a její komponenty, které jsou dále použity při návrhu solárního systému na bytovém domě. Solární systém je navržen pro přípravu teplé vody ve dvou variantách řešení.

V první variantě řešení je použito nízkého průtoku 15 l/hod.m^2 a podpory stratifikace.

V druhé variantě je použito vyššího průtoku 20 l/hod.m^2 bez podpory stratifikace.

V experimentální části je řešena analýza dat téhož bytového domu, kde už je solární systém nainstalován a provozován. Některá data z měření byla zohledněna a použita při návrhu a výpočtu obou variant řešení.

ABSTRAKT V ANGLICKÉM JAZYCE

The project addresses in the theoretical part of the hydraulics of solar systems and her components, which are used to design a solar system on apartment house. Solar systém addresses preparation hot water in two variants of the solution.

In the first alternative solution is used low flow and 15 l/hod.m^2 support stratification.

In the second variant is used higher flow 20 l/hod.m^2 without support stratification.

In the experimental part is solved by the data analysis of the same apartment building, where the solar system are already installed and operated. Some data from the measurement was taken into account and used in the design and calculation of both options.

KLÍČOVÁ SLOVA V ČESKÉM JAZYCE

Hydraulika, solární systém, příprava teplé vody, nízký průtok, vyšší průtok

KLÍČOVÁ SLOVA V ANGLICKÉM JAZYCE

Hydraulics, solar systém, preparation hot water, low flow, higher flow

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

PODJUKLOVÁ, Lucie. *Hydraulika solárních systémů: diplomová práce*. Brno, 2012. 160 s., 13 příl.
Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav technických zařízení budov.
Vedoucí bakalářské práce Ing. Marcela Počinková, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 13. 01. 2012

Bc. Lucie Podjuklová

Poděkování:

Poděkování patří především vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Marcele Počinkové, Ph.D. za pomoc, ochotu a cenné rady a připomínky, které mi poskytla při zpracování této práce.

Dále bych ráda poděkovala Ing. Marianu Formánkovi, Ph.D. za další cenné rady a připomínky.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 01. 02. 2012

Bc. Lucie Podjuklová

OBSAH

ÚVOD.....	4 -
A. ANALÝZA TÉMATU, CÍLE A METODY ŘEŠENÍ.....	6 -
A1. ANALÝZA TÉMATU	7 -
A2. CÍL PRÁCE	9 -
A3. TEORETICKÉ ŘEŠENÍ	11 -
ÚVOD	12 -
1. ZÁKLADNÍ ČÁSTI SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ	13 -
2. ROZDĚLENÍ SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ	14 -
3. TLAKOVÉ ZTRÁTY SOUSTAVY	15 -
4. VOLBA PRŮTOKU TEPLONOSNÉ KAPALINY OKRUHEM	16 -
5. TLAKOVÉ ZTRÁTY SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ	18 -
5.1 Graf závislosti tlakové ztráty kolektorů na průtoku kapalinou kolektory.....	21 -
6. TLAKOVÉ ZTRÁTY VÝMĚNÍKŮ V SOLÁRNÍCH ZÁSOBNÍCÍCH	22 -
6.1 Graf tlakových ztrát výměníků v solárních zásobnících v závislosti na průtoku	24 -
7. TLAKOVÁ ZTRÁTA VYVAŽOVACÍCH A SEŘIZOVACÍCH ARMATUR	25 -
8. TLAKOVÁ ZTRÁTA POTRUBNÍ SÍTĚ	26 -
8.1 Graf tlakových ztrát třením kapaliny s různým materiálem potrubí a teplonosné kapaliny.....	27 -
9. HYDRAULICKÁ ZAPOJENÍ KOLEKTOROVÉHO POLE	28 -
10. PRŮTOKOMĚRY	30 -
10.1 Graf tlakových ztrát průtokoměru SHARKY FS 473	33 -
11. OBĚHOVÁ ČERPADLA PRO SOLÁRNÍ SYSTÉMY.....	34 -
A4. EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ	35 -
A5. ŘEŠENÍ VYUŽÍVAJÍCÍ VÝPOČETNÍ TECHNIKU	37 -
B. APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ.....	39 -
1. NÁVRH KOLEKTOROVÉHO POLE PRO BYTOVÝ DŮM – STATISTICKÝ ROK	40 -
1.1 Graf potřebné plochy kolektorového pole	42 -
1.2 Graf potřeby tepla pro přípravu teplé vody v daných měsících a teplo kolektory vyrobené	44 -
2. NÁVRH STUDIE OSLUNĚNÍ KOLEKTOROVÉ PLOCHY.....	45 -
3. VÝPOČET STAGNAČNÍ TEPLoty SOLÁRNÍHO KOLEKTORU.....	49 -
4. ZVOLENÍ HODNOT INTENZIT SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ PRO DIMENZOVÁNÍ SOLÁRNÍHO POTRUBÍ.....	51 -
4.1 Graf zvolených intenzit slunečního záření.....	52 -
5. DIMENZOVÁNÍ SOLÁRNÍHO POTRUBÍ – OBECNÝ ZÁKLAD.....	53 -
6. DIMENZOVÁNÍ SOLÁRNÍHO POTRUBÍ – VARIANTA I.....	56 -
6.1 Graf ohřátí teplonosné kapaliny v závislosti na Int.sl.záření a koncentraci Solarenu – var. I	57 -
6.2 Graf znázorňující tlakové ztráty jednotlivých úseků varianty I.....	64 -
7. DIMENZOVÁNÍ SOLÁRNÍHO POTRUBÍ – VARIANTA II.....	65 -
7.1 Graf ohřátí teplonosné kapaliny v závislosti na Int.sl.záření a koncentraci Solarenu - var.II	66 -
7.2 Graf znázorňující ohřev teplonosné kapaliny o Δt obou řešených variant	67 -
7.3 Graf znázorňující tlakové ztráty jednotlivých úseků varianty II.....	74 -
8. SROVNÁNÍ TLAKOVÝCH ZTRÁT POTRUBNÍ SÍTĚ SOLÁRNÍHO OKRUHU I. A II. VARIANTY.....	75 -
9. NÁVRH OBĚHOVÝCH ČERPADEL	77 -
9.1 Návrh oběhového čerpadla pro primární okruh - solární, varianta I.....	78 -
9.2 Návrh oběhového čerpadla pro primární okruh - solární, varianta II.....	80 -
10. ZHODNOCENÍ VARIANT PRŮTOKŮ Z HLEDISKA TLAKOVÝCH ZTRÁT	82 -
10.1 Graf srovnání tlakových ztrát obou variant průtoků	83 -
11. NÁVRH ZABEZPEČOVACÍHO ZAŘÍZENÍ SOLÁRNÍHO SYSTÉMU	84 -
11.1 Návrh expanzní nádoby.....	85 -
11.2 Návrh pojistného ventilu	86 -
12. NÁVRH VELIKOSTI SBĚRNÉ NÁDOBY V SOLÁRNÍM OKRUHU	87 -
13. NÁVRH DESKOVÉHO VÝMĚNÍKU	89 -

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Hydraulika solárních systémů

13.1 Graf tlakových ztrát deskového výměníku DV800.....	- 90 -
13.2 Ověření teplosměnné plochy deskového výměníku v letním období.....	- 91 -
13.3 Ověření teplosměnné plochy deskového výměníku v zimním období.....	- 92 -
14. NÁVRH TLOUŠŤKY IZOLACÍ SOLÁRNÍHO SYSTÉMU.....	- 93 -
15. NÁVRH ŘEŠENÍ DILATAČÍ A UPEVNĚNÍ POTRUBÍ.....	- 95 -
16. DIMENZOVÁNÍ SEKUNDÁRNÍ OKRUHU – MEZI DV A AKU.....	- 98 -
17. NÁVRH OBĚHOVÉHO ČERPADLA V SEKUNDÁRNÍM OKRUHU.....	- 100 -
18. PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY.....	- 102 -
18.1 Graf potřeby teplé vody.....	- 104 -
19. NÁVRH ZABEZPEČOVACÍHO ZAŘÍZENÍ PRO SEKUNDÁRNÍ OKRUH.....	- 106 -
20. VĚTRÁNÍ TECHNICKÉ MÍSTNOSTI SOLÁRNÍHO SYSTÉMU.....	- 109 -
20.1 Tepelná bilance technické místnosti solárního systému v zimě.....	- 110 -
20.2 Tepelná bilance technické místnosti solárního systému v létě.....	- 111 -
21. MĚŘENÍ A REGULACE SYSTÉMU.....	- 112 -
22. OCHRANA PŘED BLESKEM.....	- 114 -
23. IDEOVÉ ŘEŠENÍ NAVAZUJÍCÍCH PROFESÍ TZB.....	- 116 -
24. TECHNICKÁ ZPRÁVA.....	- 118 -
C. EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ A ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ.....	- 124 -
1. ÚVOD A ANALÝZA OBJEKTU BYTOVÉHO DOMU.....	- 125 -
2. DATA GLOBÁLNÍHO ZÁŘENÍ ZA SLEDOVANÝ ROK, OSTRAVA-PORUBA.....	- 127 -
3. SROVNÁNÍ INTENZIT SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ MEZI NAMĚŘENÝMI HODNOTAMI A TOPENÁŘSKOU PŘÍRUČKOU.....	- 130 -
3.1 Graf srovnání intenzit slunečních záření.....	- 131 -
4. OVĚŘENÍ PLOCHY KOLEKTOROVÉHO POLE NA PLOCHÉ STŘEŠE BYTOVÉHO DOMU V ORLOVÉ ZA SLEDOVANÝ ROK.....	- 132 -
4.1 Graf potřeby tepla a tepla, která měla kolektorová plocha vyrobit za sledovaný rok.....	- 135 -
5. SPOTŘEBA TEPLA NA PŘÍPRAVU TEPLÉ VODY A TEPLA KOLEKTORY SKUTEČNĚ VYROBENÉ.....	- 136 -
5.1 Graf spotřeby tepla na přípravu teplé vody a tepla kolektory skutečně vyrobené.....	- 138 -
5.2 Graf solárního zisku kolektorové plochy na bytovém domě v Orlové v měsíci květnu 2010.....	- 139 -
5.3 Graf znázorňující potřebu tepla pro přípravu teplé vody a její skutečnou spotřebu ve sled. roce.....	- 140 -
6. CELKOVÉ ZHODNOCENÍ VÝROBY TEPLA SOLÁRNÍMI KOLEKTORY.....	- 141 -
7. ANALÝZA SPOTŘEBY TEPLÉ VODY V BYTOVÉM DOMĚ.....	- 143 -
7.1 Graf spotřeby teplé vody - úterý.....	- 144 -
7.2 Graf spotřeby teplé vody – čtvrtek.....	- 145 -
7.3 Graf spotřeby teplé vody – sobota.....	- 146 -
7.4 Graf srovnání spotřeby teplé vody - ÚTERÝ, ČTVRTEK, SOBOTA.....	- 147 -
7.5 Graf srovnání spotřeby teplé vody v letním a zimním období.....	- 148 -
8. GRAF TEPLIT PŘÍVODNÍ A VRATNÉ KAPALINY DO DV V OKRUHU SOLÁRNÍHO POTRUBÍ ZA SLEDOVANÝ ROK.....	- 149 -
9. GRAF TEPLIT TEPLÉ VODY V OKRUHU MEZI AKUMULAČNÍMI NÁDRŽEMI A DESKOVÝM VÝMĚNÍKEM ZA SLEDOVANÝ ROK.....	- 150 -
10. CELKOVÉ ZHODNOCENÍ REÁLNÉ VARIANTY S VARIANTAMI NAVRŽENÝMI.....	- 151 -
11. ZÁVĚR.....	- 153 -
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	- 155 -
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	- 158 -
SEZNAM PŘÍLOH.....	- 162 -

Úvod

Práce řeší solární systém pro přípravu teplé vody bytového domu v Orlové, okres Karviná.

Jedná se o bytový dům, ve kterém je 24 bytových jednotek. Bytový dům je klasický panelový dům v konstrukčním systému OP1.11. Jedná se o 8mi-podlažní budovu se suterénem a plochou střechou, na které jsou umístěna kolektorová pole.

Tato práce řeší v teoretické části hydrauliku solárních systémů a tuto teorii používá v samotném návrhu solárního systému v části „B“-aplikace tématu na zadané budově.

V experimentální části je posuzován solární systém, který už je osazen a provozován na bytovém domě od roku 2010. Jsou sbírána jednotlivá data, díky online monitoringu, která jsou použita v některých kapitolách návrhu.

Projekt je řešen ve dvou variantách.

V I. variantě řešení je použito nízkého průtoku teplotnosné kapaliny v hodnotě 15 l/hod.m^2 s podporou stratifikace ve dvou vrstvách.

Ve II. variantě řešení je použito vyššího průtoku teplotnosné kapaliny v hodnotě 20 l/hod.m^2 a tato varianta je bez podpory stratifikace.

A. ANALÝZA TÉMATU, CÍLE A METODY ŘEŠENÍ

A1. ANALÝZA TÉMATU

Tato diplomová práce je na téma: „Hydraulika solárních systémů“, kdy v první části A je rozebrána teoretická část tohoto tématu.

Dále je v části B-Aplikace na zadané budově řešen bytový dům v Orlové, okres Karviná, na kterém je řešen solární systém pro přípravu teplé vody a některá data z experimentálního měření a teoretické části jsou v tomto návrhu zohledněna.

V experimentální části C jsou sbírána a pozorována data na již instalovaném a provozovaném solárním systému na stejném objektu v Orlové.

Jedná se o bytový dům, ve kterém je 24 bytových jednotek. Bytový dům je klasický panelový dům v konstrukčním systému OP1.11. Jedná se o 8mi-podlažní budovu se suterénem a plochou střechou, na které jsou umístěna kolektorová pole.

Projekt je řešen ve dvou variantách řešení.

V I. variantě řešení je použito nízkého průtoku teplonosné kapaliny v hodnotě 15 l/hod.m² s podporou stratifikace ve dvou vrstvách.

Ve II. variantě řešení je použito vyššího průtoku teplonosné kapaliny v hodnotě 20 l/hod.m² a tato varianta je bez podpory stratifikace.

Celý návrh obou variant řešení je doložen výpočty, popsán v technické zprávě a zakreslen v projektové dokumentaci.

A2. CÍL PRÁCE

CÍL PRÁCE

Teoretická část:

V teoretické části na téma „Hydraulika solárních systémů“ je rozebrán systém jednotlivých prvků solární soustavy.

Jsou řešeny tlakové ztráty celé soustavy, solárních kolektorů, výměníků, vyvažovacích armatur, potrubní sítě. Jsou rozebrána hydraulická zapojení kolektorových polí, volba průtoku teplotnosné kapaliny, průtokoměry a oběhová čerpadla.

Výpočtová část:

Ve výpočtové části je řešen návrh solárního systému pro přípravu teplé vody ve dvou variantách řešení.

V I. variantě řešení je použito nízkého průtoku teplotnosné kapaliny v hodnotě 15 l/hod.m² s podporou stratifikace ve dvou vrstvách.

Ve II. variantě řešení je použito vyššího průtoku teplotnosné kapaliny v hodnotě 20 l/hod.m² a tato varianta je bez podpory stratifikace.

Pro obě varianty řešení je navržen stejný počet solárních kapalinových kolektorů, studie oslunění, dimenzování solárního potrubí dle použitého průtoku, návrh oběhových čerpadel, návrh zabezpečovacího zařízení a deskového výměníku, tloušťky izolací a upevnění potrubí. Je navržena předběžná ochrana před bleskem zakreslená v projektové dokumentaci.

Experimentální část:

V této části jsou sledována a zpracovávána data získaná z online monitoringu na bytovém domě v Orlové.

Jsou zde srovnávány intenzity slunečního záření, kdy je srovnáváno s daty, která byla získána z Českého hydrometeorologického úřadu v Ostravě - Porubě.

Je sledována spotřeba teplé vody a teploty teplotnosných kapalin na vstupu a výstupu z deskového výměníku.

A3. TEORETICKÉ ŘEŠENÍ

Téma: HYDRAULIKA SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ

ÚVOD

Využívání sluneční energie vychází jak z dostupnosti slunečního záření, které se v průběhu roku mění, tak i z návrhu solárního systému.

Sluneční energie, která dopadá na zemský povrch je nejbohatším energetickým zdrojem dostupným na Zemi. Vzhledem k jeho množství v přirozeném stavu a svým velice kvalitním vlastnostem představuje alternativní nevyčerpatelný energetický zdroj vhodný i z hlediska ekonomického. Všechny tyto skutečnosti nás donutily se zabývat technickými řešeními k využití jejího energetického potenciálu pro potřeby lidstva, hlavně v oblasti získávání nízkopotenciální tepelné energie. Touto cestou lze snižovat spotřebu klasických a ušlechtilých paliv a zároveň chránit životní prostředí. [1]

Hlavní klimatické faktory, které ovlivňují návrh prvků a slunečních zařízení jsou:

- teoretické množství energie slunečního záření dopadající na osluněnou plochu
 - střední intenzita slunečního záření, která dopadá na různě orientované plochy na jih
 - průměrný měsíční relativní svit
 - průměrná měsíční teplota vzduchu v době slunečního svitu
 - stupeň znečištění atmosféry
- [1]

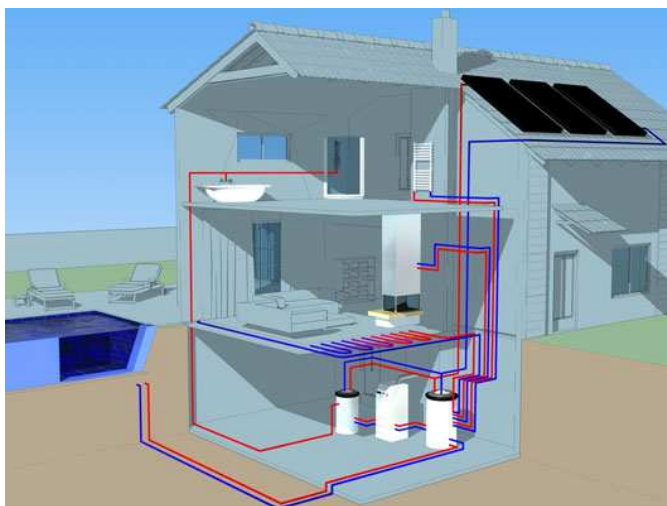
1. ZÁKLADNÍ ČÁSTI SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ

V této práci se budu zabývat systémy, ve kterých se sluneční záření přeměňuje v teplo. Tyto systémy jsou nazývány „Solární termické systémy“.

Každý solární systém obsahuje v zásadě tyto části:

- Kolektor, který záření „přijímá“ a mění jej v teplo
- Zásobník, který teplo ukládá pro pozdější potřebu
- Transparentní systém, díky kterému je teplo z kolektoru dopraveno do zásobníku
- Regulační zařízení, které zajišťuje, aby teplo přecházelo z kolektoru do zásobníku a ne opačným směrem
- Záložní zdroj tepla, který pokryje spotřebu v době bez slunečního svitu

Ne vždy však musí systém obsahovat všechny tyto prvky. [2]



Solární soustava [4]

2. ROZDĚLENÍ SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ

a) Dle použití získané energie:

- Systémy pro přípravu teplé vody
- Systémy pro ohřev bazénové vody
- Systémy pro vytápění
- Systémy pro chlazení a klimatizaci

b) Dle způsobu zajištění přenosu tepla:

- Systémy pasivní – teplo je přenášeno pasivně, bez použití nějakého technického zařízení.
- Systémy aktivní – k přenosu tepla se využívá oběhového čerpadla.

c) Dle média, které teplo přenáší:

- Systémy využívající vodu či nemrznoucí směs – v České republice jsou nejběžnější. Výhodou vody je to, že má velkou tepelnou kapacitu a díky ní vycházejí menší průměry potrubních rozvodů.
- Systémy využívající vzduch – rozšířené např. v USA. U nás by se mohly uplatnit v nízkoenergetických a pasivních domech, které mají nucené větrání s rekuperací a přehříváním vzduchu. [2]

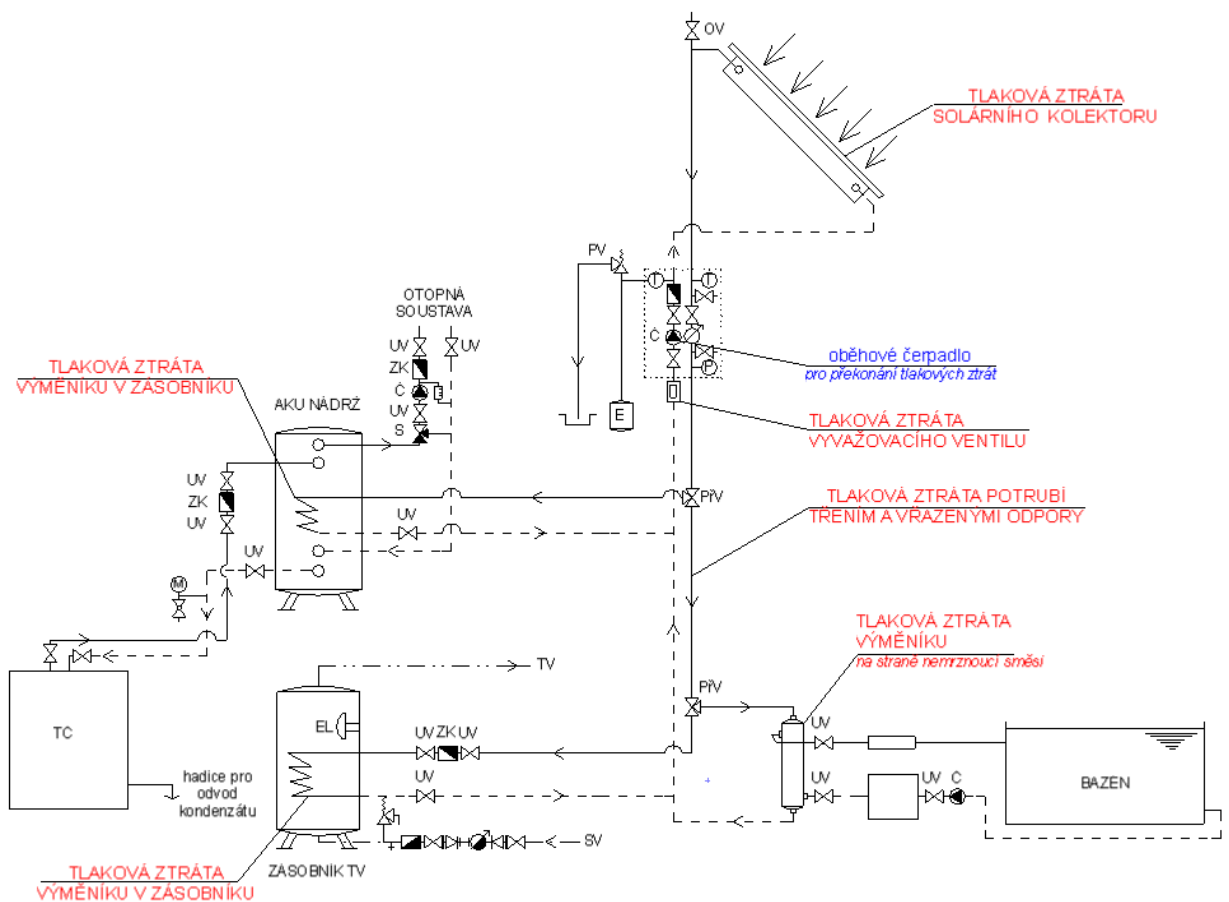
Hydraulika solárních soustav má svá specifika, která musí být při návrhu zohledněna. Odvíjí se dle použitých prvků soustavy a použité nemrznoucí směsi.

3. TLAKOVÉ ZTRÁTY SOUSTAVY

Pro přenos tepelné energie ze solárního kolektoru do zásobníku tepla se ve většině solárních soustav navrhovaných v České republice využívá nuceného oběhu teplotněsensitive kapaliny, kterou zajišťují oběhová čerpadla. Tlakové ztráty celého okruhu solární soustavy překonává oběhové čerpadlo. Tlakové ztráty celého okruhu jsou závislé na jednotlivých hydraulických charakteristikách prvků, které jsou obsaženy v dané solární soustavě. Mezi ně například patří solární kolektor, výměníky tepla, potrubí a hlavně volba průtoku teplotněsensitive kapaliny.

Výpočet tlakových ztrát okruhů solární soustavy a návrh oběhových čerpadel je obdobný jako u otopných soustav.

Rozdíly ve výpočtu tlakových ztrát spočívají v navrhované teplotněsensitive kapalině, která má nižší tepelnou kapacitu než voda, vyšší viskozitu a výraznou závislost viskozity na teplotě. [3]



Jednotlivé tlakové ztráty soustavy [11]

4. VOLBA PRŮTOKU TEPLONOSNÉ KAPALINY OKRUHEM

Pro výpočet tlakových ztrát je nutné stanovit průtok teplonosné kapaliny okruhem, který je základní veličinou výpočtu a musí se stanovit hned na samotném začátku.

Z hlediska průtoku můžeme systém rozdělit takto:

- Low-flow (nízký průtok)

Kolektorové soustavy pracující se značně sníženým průtokem teplonosného média v solárním okruhu, které se pohybuje v rozmezí 8 - 15 l/m² hod. Při sníženém průtoku se výrazně zvýší teplota kolektorů a to někdy až o 50°C. Aby se tohoto plně využilo, je třeba využít zásobník s nabíjením ve vrstvách.

U tohoto systému s nízkým průtokem vycházejí dimenze s menším průměrem. To vede k menším tepelným ztrátám a cenovým úsporám. Rozdíl oproti systému s vysokým průtokem je v hydraulice a v řazení kolektorů. Zatím co u high-flow systému jsou kolektory řazeny převážně paralelně u low-flow systému jsou řazeny opačně. Díky výrazně menšímu průtoku kapaliny je u velkých kolektorových polí potřebný menší výkon čerpadla, než jak by tomu bylo u systému high-flow. Aby nedocházelo k tomu, že kolektor pracuje při vyšších teplotách s horší účinností, udržujeme teplotu na vstupu do kolektorů tak nízkou, jak je to jen možné. Velké soustavy jsou dnes téměř ve většině případů dimenzovány pro provoz v low-flow systému.

Při kvalitně navržených prvcích a využití systému jsou výnosy u tohoto systému vyšší až o 20%.

- High-flow (vysoký průtok)

Při průtocích 30 - 70 l/m² hod se dosahuje optimálních zisků. Díky tomuto dochází ke zvýšení teploty v kolektorech o 8 až 12°C při plném slunečním záření. Průtok je závislý na nastavení regulace a stejně tak i čerpadla. Malé zvýšení teploty má tu výhodu, že je kolektor provozován s dobrou účinností. Aby teplonosné médium dosáhlo vyšších teplot, musí oběhnout systémem vícekrát, to znamená, že zásobník je nabíjen pomalu, takže dosažení požadované teploty trvá déle. S tímto průtokem dnes pracují převážně menší solární soustavy.

- Matched-flow (přizpůsobivý průtok)

Tento průtok vychází ze spojení výhod obou dvou systémů. Tedy z techniky nízkého průtoku docílit dostatečně vysoké teploty a s vysokým průtokem optimalizované výnosy. Průtok kapaliny leží u dosud realizovaných systémů v rozmezí 10 - 40 l/m² hod.

- Drain-Back (systém zpětného odvodnění)

Z pohledu konstrukce solárního okruhu je zajímavý systém Drain-Back. Ve stavu, kdy zrovna čerpadlo nepracuje, když není sluneční záření dostatečné k zajištění potřebného tepla, nebo při výpadku elektrického proudu, zůstanou kolektory prázdné. Teplonosné médium vyteče z kolektorů do úměrně velké záchytné nádrže, odkud je kapalina při příštím naběhnutí čerpadla znovu čerpána do kolektorů.

Jedná se tedy o okruh, v němž se vedle teplotnosného média nachází i nějaké množství vzduchu. Takový systém se vyznačuje následujícím:

- Jako teplotnosná kapalina může být použita čistá voda - není potřeba žádného prostředku proti zamrznání
- Odpadá použití odvzdušňovacích ventilů, neboť jistý vzduch je v systému obsažen
- Lze zamezit vzniku teploty varu, tím, že se vypne oběhové čerpadlo. Systém je díky tomu velice bezpečný. Místo použití membránové expanzní nádoby je potřebná záchytná nádrž na kapalinu.

Nevýhodou tohoto drain-back systému je možnost koroze, která je spojená s přítomností vzduchu. [12]

Koncept/spec.	Výhody	Nevýhody
<p>High-Flow (klasický nebo standardní koncept) 30 až 70 l/m² . h</p>	<ul style="list-style-type: none"> • kolektor je provozován s nejvyšší účinností • jednoduchá, řadu let ověřená systémová technika s konvenčními součástmi 	<ul style="list-style-type: none"> • pomalý ohřev zásobníku na žádanou úroveň teploty
<p>Low-Flow 8 až 15 l/m² . h</p>	<ul style="list-style-type: none"> • rychlejší ohřev pohotovostní části zásobníku na teplotu užitkové vody, tím menší potřeba dohřívání • vyšší solární zisk (účinnost) • použitím tenčích trubek menší tepelné ztráty z potrubí a úspora materiálu • potřebný jen menší výkon čerpadla • velký potenciál budoucnosti 	<ul style="list-style-type: none"> • výhody platí, pouze když jsou všechny komponenty systému navzájem sladěny: čerpadlo, průměry potrubí, výměník tepla, řízení a zásobník • není-li soustava optimálně seřizena, může se vysokými teplotami kolektoru snížit jeho účinnost • relativně nová technika systému, některé specifické Low-Flow komponenty t.č. ve vývoji u několika málo výrobců • je těžké použít stejné komponenty pro High-Flow a Low-Flow, proto kompromis
<p>Matched-Flow 8 až 40 l/m² . h</p>	<ul style="list-style-type: none"> • sjednocuje výhody High-Flow a Low-Flow, ale není ještě dlouhodobě ověřený 	<ul style="list-style-type: none"> • je těžké použít stejné komponenty pro Low-Flow a High-Flow, proto nutný vždy kompromis • velmi mladá technika systému

Výhody a nevýhody různých průtoků v solárním okruhu [12]

5. TLAKOVÉ ZTRÁTY SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ

Z hydraulického hlediska je solární kolektor více či méně složitá potrubní síť potrubí ve tvaru lry, serpentiny nebo meandru a jejich sériově nebo paralelně zapojených kombinací.

Hydraulika vlastních kolektorů je řízena použitými průměry trubek a spojovacích trubek odvádějících teplo z absorpční plochy kolektoru a jejich hydraulickým zapojením. Pokud jsou tlakové ztráty třením ve spojovacích trubkách výrazně vyšší než místní tlakové ztráty odbočením a spojením spojovacích trubek s rozvodnou a sběrnou trubkou a vlastní ztráty třením v rozvodné a sběrné trubce, potom je možné předpokládat, že trubkový registr kolektoru je hydraulicky vyvážený a průtok, rovnoměrně rozdělený do spojovacích trubek, zajišťuje rovnoměrný odvod tepla z kolektoru.

V případě hydraulicky nevyváženého kolektoru však může docházet ke špatnému zatékání do některých spojovacích trubek a vlivem podprůtoku se daná oblast přehřívá a snižuje tak odvod tepla z povrchu absorbéru. [3]

U solárního kolektoru s rostoucím průtokem roste jeho tlaková ztráta, ale roste i přestup tepla do teplotnosné látky, a tedy i částečně účinnost solárního kolektoru. [3]

Na trhu existuje několik základních typů termických solárních kolektorů [5]:

- **Ploché neselektivní kolektory**

Ploché neselektivní kolektory jsou tvořeny měděným plechem, což je absorbér, natřeným černou nebo jinou tmavou barvou.

Vlivem slunečního záření se zahřívá absorpční plocha kolektoru a vzniklé teplo je předáváno do trubičky tvaru meandru navařenou do absorbéru, odkud je toto teplo odváděno protékající teplotnosnou kapalinou přes spojovací trubice kolektoru do solárního okruhu. Všechny funkční části kolektoru jsou vloženy do ocelové nebo hliníkové vany, která je vyplněná tepelnou izolací a na povrchu je opatřena tvrzeným bezpečnostním sklem. Pokud není uvažováno o plastových absorbérech, tento typ solárních kolektorů je nejlevnější.

- **Ploché selektivní kolektory**

Od předchozího typu se ploché selektivní kolektory liší pouze tím, že absorbér je místo nátěru opatřen speciální vysoce selektivní vrstvou, která snižuje tepelné ztráty sáláním z povrchu absorbéru o 15-30 %. Tyto kolektory jsou nejrozšířenější a pro většinu domácností nejvhodnější, protože dosahují výborných výkonnostních vlastností při celoročním provozu a vedle vysoké spolehlivosti a dlouhé životnosti vykazují výhodný poměr dosaženého výkonu vůči vynaloženým investičním nákladům. Navíc se v zimě umí automaticky zbavit sněhu z plochy kolektorů. Účinnost těchto kolektorů je 70 až 80 %, u špičkových výrobků až 88 %.

- **Ploché vakuové kolektory**

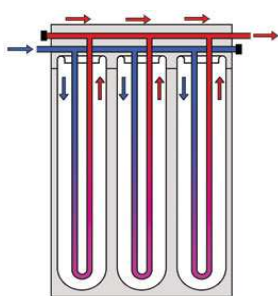
Ploché vakuové kolektory jsou technicky shodné s plochými selektivními kolektory. Ale díky vyplnění prostoru vakuem vykazují menší tepelné ztráty vyzařováním do okolního prostoru. Hodí se pro vytápěcí systémy a průmyslové aplikace. I přesto, že jsou oproti klasickým selektivním kolektorům dražší, spojují v sobě výhody trubcových vakuových kolektorů, které mají nízké tepelné ztráty a plochých selektivních kolektorů, které ve srovnání s trubcovými mají nižší pořizovací náklady při zachování vysoké účinnosti.

- **Trubicové vakuové kolektory**

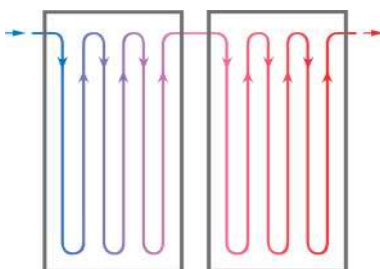
Trubicové vakuové kolektory jsou tvořeny skleněnými trubicemi, které mají dvojitou stěnou, která je mezi nimi vyplněna vakuem. Na vnitřní stěně trubice je selektivní vrstva, ze které je teplo odebíráno měděnou trubičkou naplněnou teplonosnou kapalinou. Během jarních a podzimních měsíců jsou tyto kolektory účinnější než kolektory ploché, díky lepší tepelné izolaci pomocí vakua. Hodí se lépe pro fasádní systémy. Mají vyšší účinnost v celoročním průměru, i když ve srovnání s plochými selektivními kolektory mají v létě nižší účinnost. Jsou vhodné pro ohřev vody na vysokou teplotu pro průmyslové využití, přitápění a celoroční ohřev bazénu. Cena těchto kolektorů je vyšší oproti jiným kolektorům. Trubicové vakuové kolektory jsou také náchylnější na sníh a led během zimních měsíců – neexistuje zde totiž možnost kolektory rozmrazit.

Na základě tohoto rozdělení byly vybrány kolektory různých firem a byly dány do tabulky a grafu v závislosti na průtoku a tlakové ztrátě kolektoru. Tlakové ztráty kolektorů byly odzkoušeny s nemrznoucími směsmi.

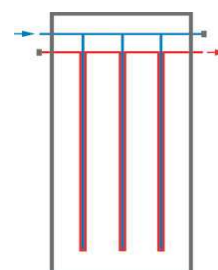
	typ kolektoru	označení kolektoru	rozměr		plocha apertury m ²	hydraulická konfigurace	Poznámka
			délka	šířka			
			mm	mm			
ploché	plochý selektivní kolektor	Reflex RSK II 25	2240	1060	2,19	viz obrázek	
	plochý selektivní kolektor	Regulus KPS 10-ALP	2044	1144	2,13	viz obrázek	
	plochý vakuový kolektor	BSK 4	2360	2380	4,1	serpentina	
	plochý vakuový kolektor	EURO C 20 AR	2151	1215	2,4	meandr	
trubicové	trubkový jednost. vakuový kolektor	Regulus KTK 14	2220	950	1,41	viz obrázek	přímo protékáný
	trubkový dvojt. vakuový kolektor	Regulus KTU	1970	1350	1,4	viz obrázek	přímo protékáný
	trubkový dvojt. vakuový kolektor	EUsolar HP-1800-15	2000	1320	1,43	heat-pipe	nepřímo protékáný



Regulus KTU



Regulus KPS 10
 Regulus RSK II 25



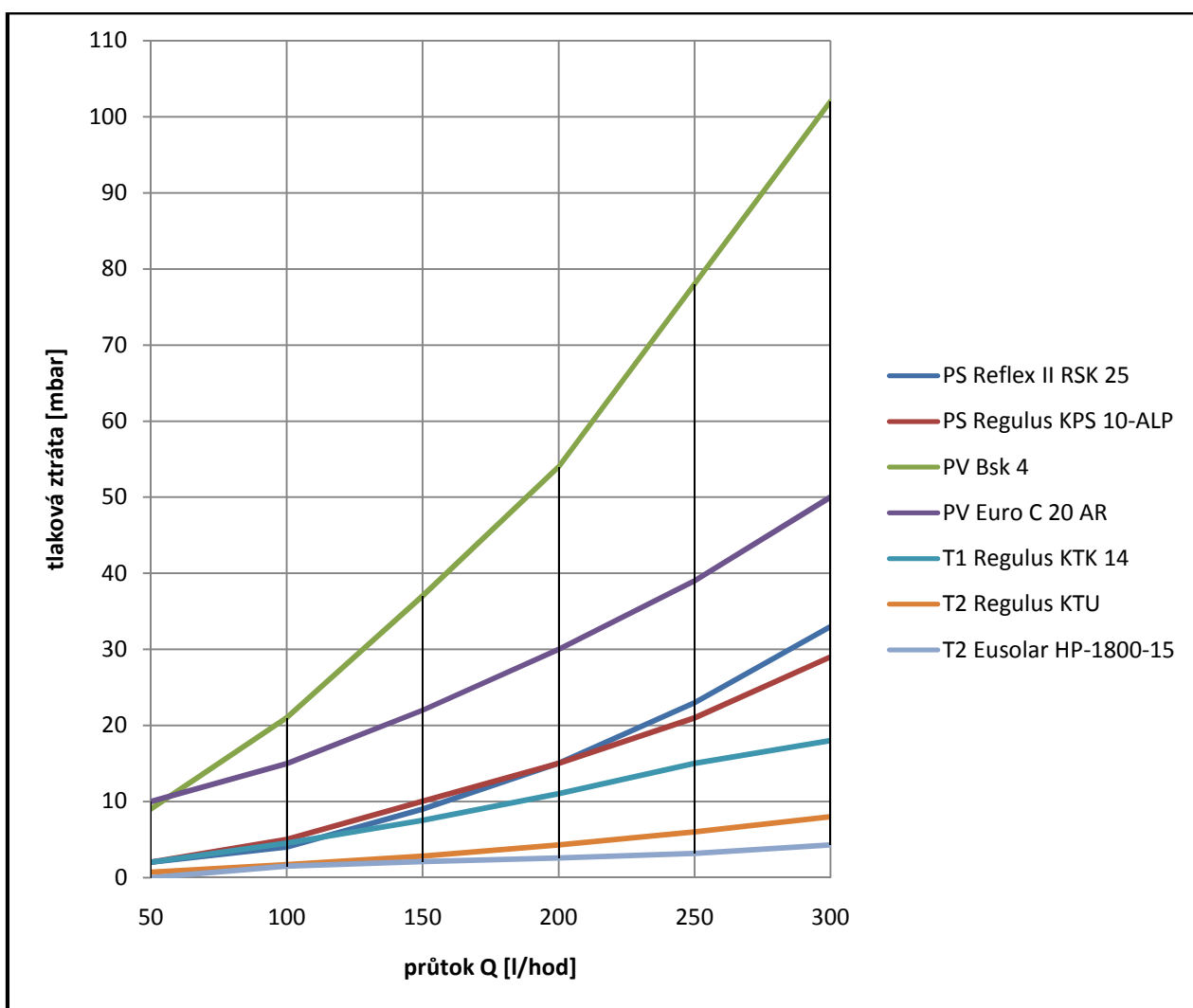
Regulus KTK 14

Hydraulická konfigurace [13]

5.1 Graf závislosti tlakové ztráty kolektorů na průtoku kapalinou kolektory

		PS Reflex II RSK 25	PS Regulus KPS 10-ALP	PV Bsk 4	PV Euro C 20 AR	T1 Regulus KTK 14	T2 Regulus KTU	T2 Eusolar HP-1800-15
průtok [l/hod] / tl. ztráta [mbar]	50	2	2	9	10	2	0,7	0
	100	4	5	21	15	4,5	1,7	1,5
	150	9	10	37	22	7,5	2,8	2,1
	200	15	15	54	30	11	4,3	2,6
	250	23	21	78	39	15	6	3,2
	300	33	29	102	50	18	8	4,3

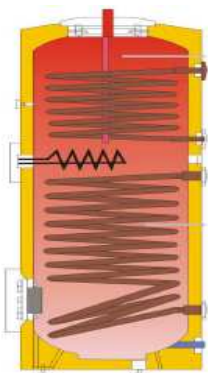
Legenda ke zkratkám: PS - plochý selektivní
PV - plochý vakuový
T1 - trubicový jednotěnný
T2 - trubicový dvojstěnný



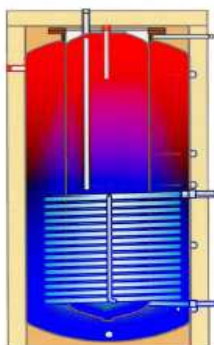
6. TLAKOVÉ ZTRÁTY VÝMĚNÍKŮ V SOLÁRNÍCH ZÁSOBNÍCÍCH

V závislosti na účelu využití solárního tepla a schématu zapojení se používají různá zařízení na odevzdávání, přijímání a uchovávání tepla. Pro menší solární zařízení na přípravu teplé vody se používají solární bojlerů. Oproti „obyčejným“ bojlerům jsou zde tyto rozdíly:

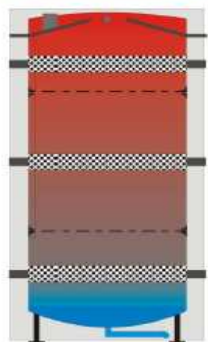
- mají přibližně dvojnásobný objem, což umožňuje překlenout 1-2 letních dní bez slunečního svitu
- mají výrazně větší teplosměnnou plochu solárního výměníku – orientačně 0,25-0,30 m² teplosměnné plochy na 1 m² absorbéru
- jsou téměř výlučně stojaté, podle možnosti štíhlé na dosažení co nejlepší stratifikace tepla
- mají kvalitní tepelnou izolaci



Typická konstrukce vícevalentního solárního zásobníku. Ve spodní části je umístěn solární výměník a v horní části je umístěn dohřívací výměník s napojením na jiný zdroj tepelné energie. Standardní součástí většiny solárních zásobníků je elektrická topná spirála.



Zásobník typu „nádob v nádobě“ umožňuje akumulovat nejen teplo ze slunečních kolektorů, ale i z jiných zdrojů. Teplá voda se připravuje v ponořeném menším zásobníku. Na dohřev je možno taktéž použít elektrickou topnou spirálu.

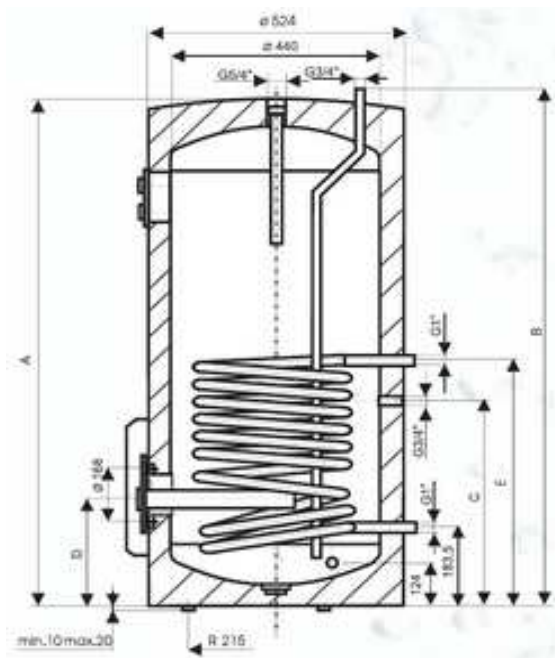


Zásobník tepla s konstrukcí umožňující dobré rozvrstvení teploty ve výškovém profilu – podpora stratifikace. V době spotřeby se odebírá teplá voda z horních vrstev.[6]

Energetický zisk z kolektorů do místa spotřeby předávají výměníky tepla, zpravidla do akumulčního zásobníku, bazénu, apod. Běžně se používají trubkové a deskové tepelné výměníky. Trubkový výměník, zpravidla ve tvaru spirály je umístěn přímo v zásobníku tepla, má nízký součinitel prostupu tepla $U=150-500 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, vzhledem k laminárnímu proudění uvnitř trubky spirály a volnému proudění (konvekci) vně trubky v zásobníku. Pro zajištění dostatečného výkonu výměníku je proto nutné navrhovat odpovídající teplosměnnou plochu. Tlaková ztráta je relativně nízká, tvoří ji pouze třecí ztráty v trubce. [3]

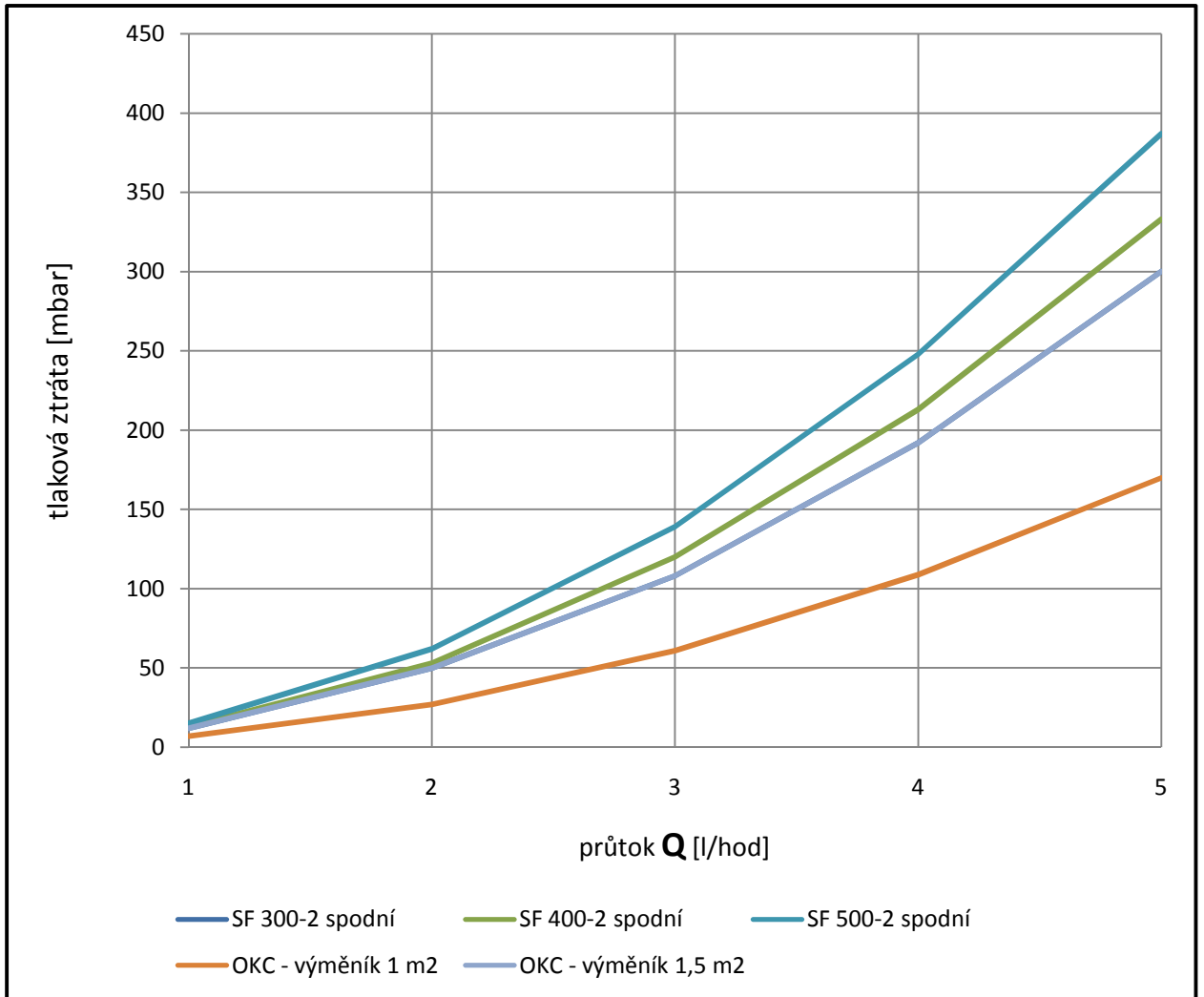
Pro vyjádření tlakové ztráty v závislosti na velikosti teplosměnné plochy a průtoku byly zpracovány údaje solárních zásobníků typu Reflex a OKC viz tabulka a graf níže.

	typ	průtok ve spirále [m^3/h]					teplosměnná plocha [m^2]
		1	2	3	4	5	
reflex	SF 300-2 spodní	12	50	108	192	300	1,55
	SF 400-2 spodní	13	53	120	213	333	1,8
	SF 500-2 spodní	15	62	139	248	387	1,9
	S/SF 750 - 2 spodní	viz diagramy níže					
	S/SF 1000 - 2 spodní						
OKC	OKC - výměník 1 m^2	7	27	61	109	170	1
	OKC - výměník $1,5 \text{ m}^2$	12	50	108	192	300	1,5



Solární zásobník [14]

6.1 Graf tlakových ztrát výměníků v solárních zásobnících v závislosti na průtoku



7. TLAKOVÁ ZTRÁTA VYVAŽOVACÍCH A SEŘIZOVACÍCH ARMATUR

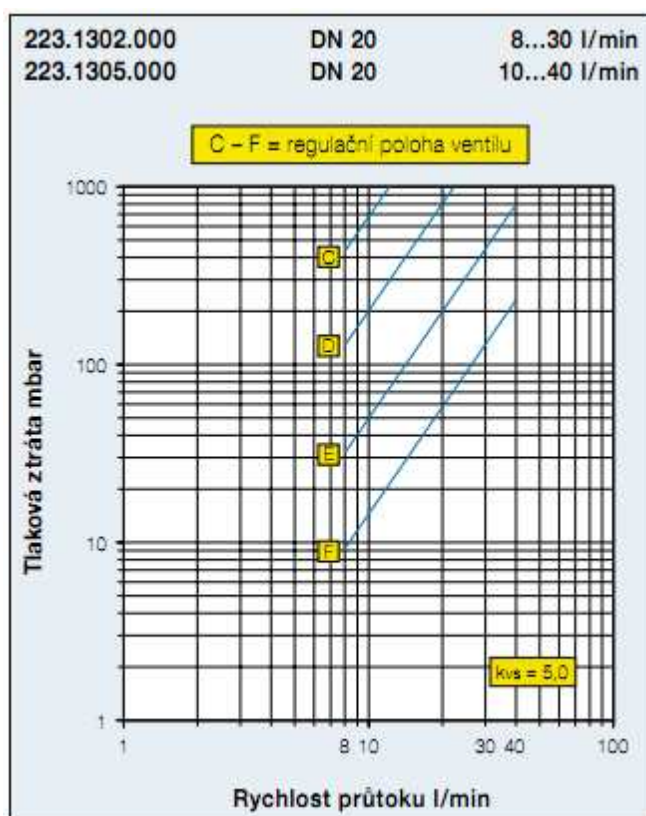


Vyvažovací ventil [15]

Armatury tohoto typu slouží k přímému hydronickému vyvažování a kontrole průtoku v systémech a subsystémech. Správná vyváženost hydronických okruhů zajišťuje optimální distribuci energie, a tudíž efektivní a ekonomický provoz v souladu s požadavky na úsporu energie, určenými legislativou.

Pomocí např. vyvažovacích ventilů firmy Taconova typu Setter Inline (viz níže) může jakákoliv kvalifikovaná obsluha nastavit požadovanou rychlost průtoku a dosáhnout optimální hydronické vyváženosti celé soustavy bez nutnosti výškolení a nákladných měřicích přístrojů. [15]

Seřizovací ventily umožňují zvýšení tlakové ztráty. To je potřeba například u stanovení pracovního bodu čerpadla, tak aby se pracovní bod přiblížil více k dané křivce.



Zde je vidět tlaková ztráta vyvažovacího ventilu firmy Taconova, DN 20 pro průtok 8-30 l/min a 10-40 l/min.

Pro jiné průtoky se musí volit jiné grafy tlakových ztrát dle výrobce.

8. TLAKOVÁ ZTRÁTA POTRUBNÍ SÍTĚ

Výpočet se skládá ze stanovení tlakové ztráty třením Δp_{ZT} a místními (vřazenými) odpory Δp_{ZM} .

Tlaková ztráta třením Δp_{ZT} :

$$\Delta p_{ZT} = L \cdot \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad [\text{Pa}]$$

w rychlost proudění teplotnosné látky [m/s]

ρ hustota teplotnosné látky [kg/m³]

d vnitřní průměr potrubí [m]

L délka potrubí [m]

λ součinitel třecí ztráty [-]

Další možností je použití hodnot tabelovaných pomocí tlakové spádu R [Pa/m] pro daný vnitřní průměr potrubí a rychlost proudění uvažované teplotnosné látky.

$$\Delta p_{ZT} = R \cdot l \quad [\text{Pa}]$$

Tlaková ztráta místními (vřazenými) odpory Δp_{ZM} :

$$\Delta p_{ZM} = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \quad [\text{Pa}]$$

ξ součinitel místní tlakové ztráty [-]

Celková tlaková ztráta v hodnoceném úseku potrubí Δp :

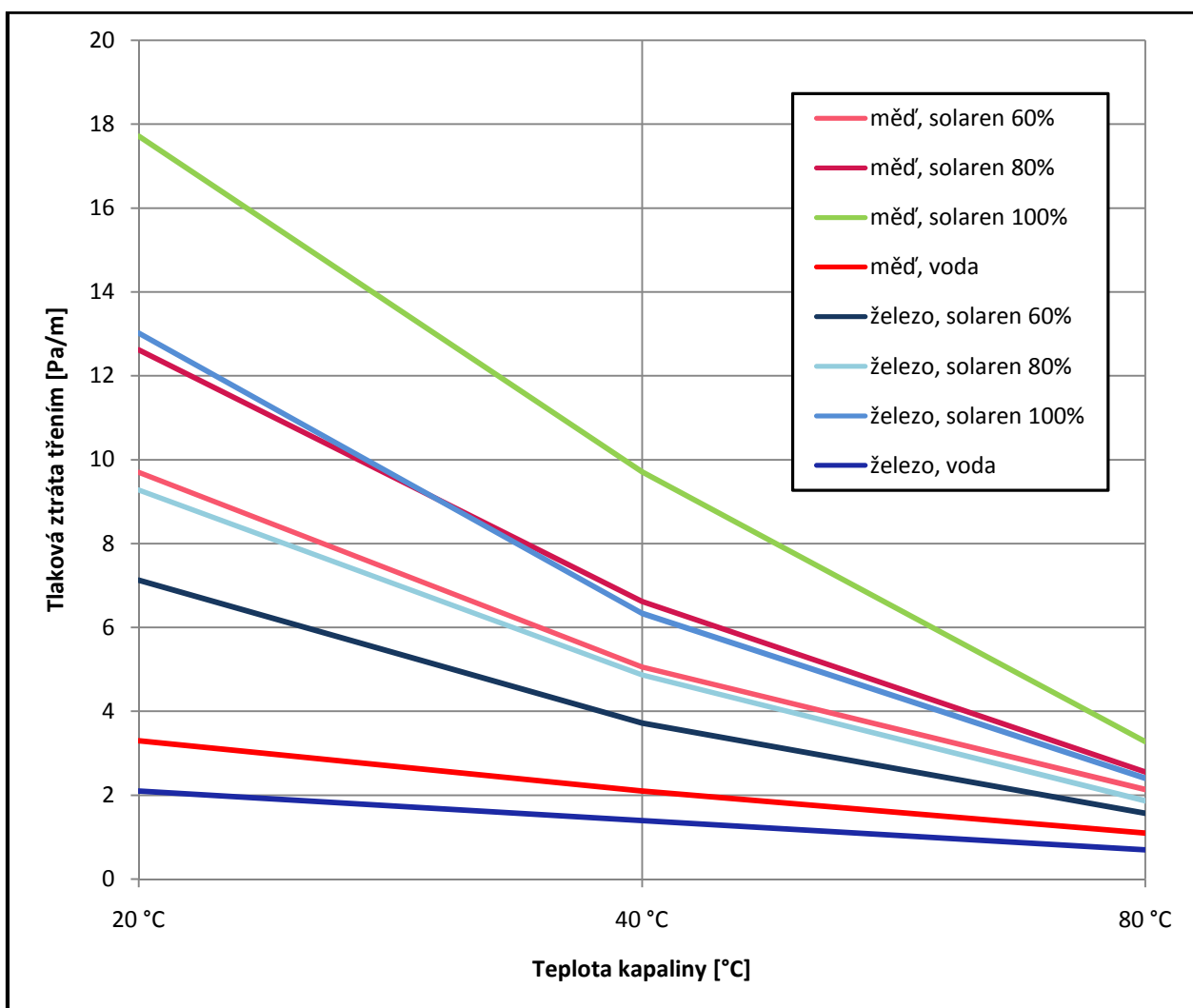
$$\Delta p = \Delta p_{ZT} + \Delta p_{ZM} \quad [\text{Pa}]$$

[8]

Pomocí tabelovaných hodnot bylo provedeno srovnání tlakových ztrát třením nemrznoucí kapaliny Solaren různých koncentrací na 1 m dlouhého potrubí. Jako materiál potrubí byla zohledněna měď a železo. Tlaková ztráta třením pro vodu byla vypočtena pomocí portálu tzb-info.

	tlaková ztráta Cu potrubí třením, d = 20 mm, k = 0,0063 mm, M = 40 kg/h, w=0,04 m/s			tlaková ztráta Fe potrubí třením, d = 21,60 mm, k = 0,1 mm, M = 40 kg/h, w=0,04 m/s		
	20 °C	40 °C	80 °C	20 °C	40 °C	80 °C
	R [Pa/m]	R [Pa/m]	R [Pa/m]	R [Pa/m]	R [Pa/m]	R [Pa/m]
voda	3,30	2,10	1,10	2,10	1,40	0,70
solaren 60 %	9,70	5,06	2,14	7,13	3,72	1,57
solaren 80 %	12,62	6,62	2,55	9,28	4,87	1,87
solaren 100 %	17,71	9,71	3,28	13,02	6,34	2,41

8.1 Graf tlakových ztrát třením kapaliny s různým materiálem potrubí a teplotou kapaliny



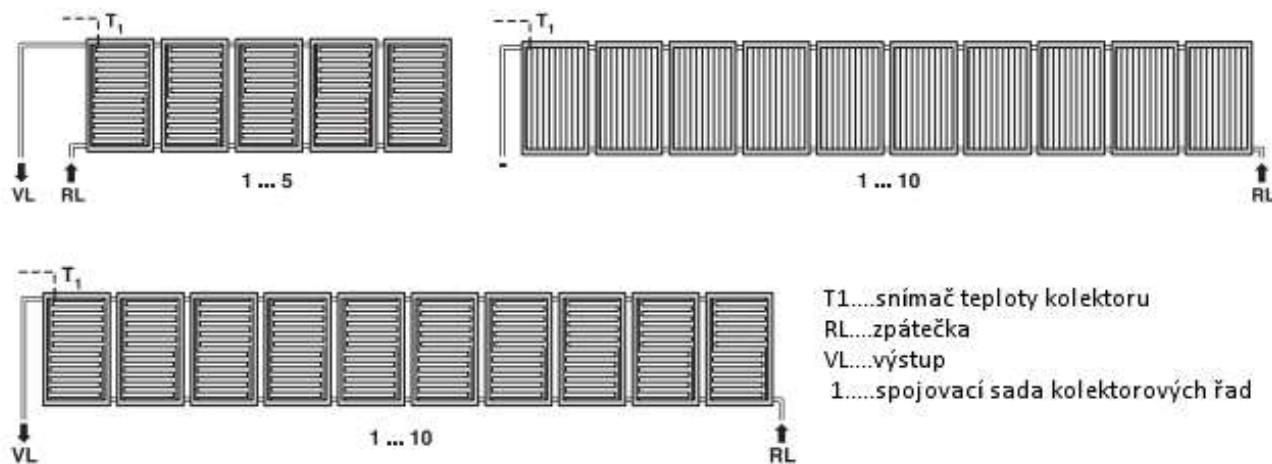
9. HYDRAULICKÁ ZAPOJENÍ KOLEKTOROVÉHO POLE

U solárních kolektorů je možno kolektorová pole zapojit jak sériově, tak i paralelně. Možná je i kombinace obou dvou typů zapojení. Musí se ale dbát na to, aby kolektory byly stejného typu a se stejnou orientací – horizontální nebo vertikální, aby se zabezpečilo rovnoměrné rozdělení objemového průtoku. Vzhledem k tomuto zohlednění by se u malých systémů mělo používat zapojení sériové, a u větších paralelní zapojení kolektorů. [9]

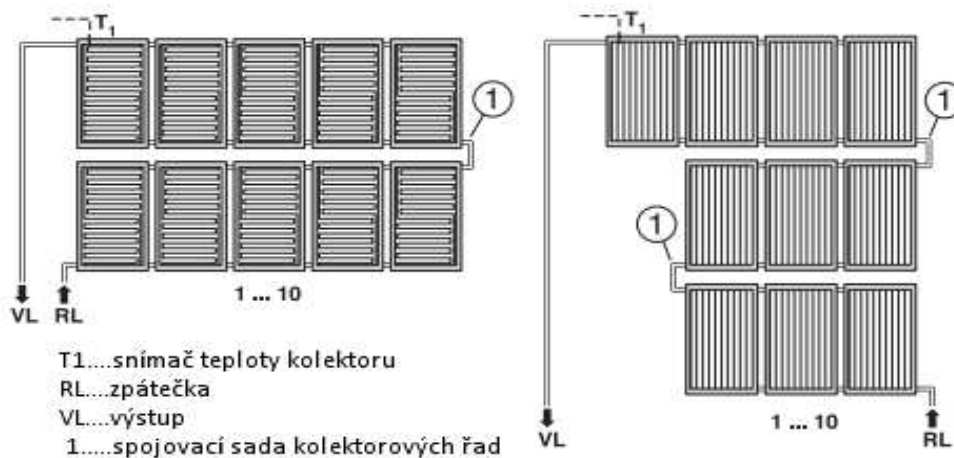
Zapojení kolektorů do kolektorového pole má zaručit stejnosměrný průtok všemi kolektory. Pouze tak můžou kolektory předávat svůj výkon. Hydraulické vyvážení je důležité jak u celých kolektorových polí, tak u samotných kolektorů z důvodu vyloučení oblastí s podprůtokem, které pak v provozu stagnují a nepodílejí se na předávání tepla do soustavy. [10]

- Sériové zapojení

Při tomto zapojení kolektorů je výstup prvního kolektoru zároveň vstupem druhého, v řadě dalšího kolektoru. Celkový objemový průtok protéká každým solárním kolektorem. Tlakové ztráty jednotlivých kolektorů se u tohoto zapojení sčítají. Výhodou tohoto zapojení je to, že se spotřebuje méně materiálu na potrubní síť. I při asymetrickém rozdělení kolektorových řad se dá rovnoměrně rozložit objemový průtok.



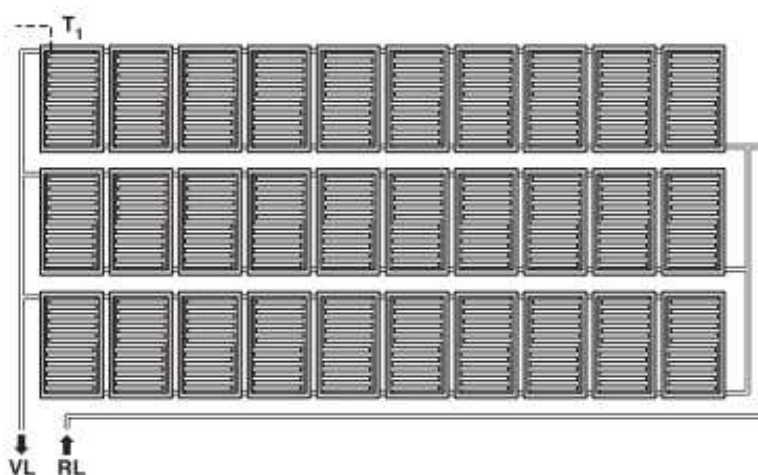
Sériové zapojení kolektorového pole v jedné řadě [9]



Sériové zapojení kolektorového pole v 2 a 3 řadách [9]

- **Paralelní zapojení**

Při paralelním zapojení kolektorů je výstup a vstup všech kolektorů stejný a kolektorem protéká jen částečný objemový průtok. Celková tlaková ztráta odpovídá přibližně tlakové ztrátě jednoho kolektoru. Náklady potřebné na potrubní síť jsou větší než u sériového zapojení. Jestliže je potřeba více než 10-ti kolektorů je třeba použít tento typ zapojení. Je potřeba zapojit kolektory dle Tiechelmanna zapojení tak, aby délky a průměry potrubí byly na všech kolektorech stejné. Potom jsou stejné i tlakové ztráty v každém kolektoru a i objemové průtoky. Když není možné toto opatření provést, je třeba udělat hydraulické vyvážení.



Paralelní zapojení dle Tiechelmanna [9]

10. PRŮTOKOMĚRY

Měření průtoku kapalin patří mezi významné oblasti měření neelektrických veličin. Existuje mnoho různých principů a také velké množství různých průtokoměrů.

Pod pojmem průtok se skrývá měření rychlosti proudící kapaliny, ale také hmotnostní či objemový průtok.

Mezi těmito dvěma veličinami je ale rozdíl.

Hmotnostní průtok

- udává hmotnost tekutiny, která proteče potrubím za jednotku času, např. kg/s.

Objemový průtok

- udává objem tekutiny, který proteče potrubím za jednotku času, např. m³/s.

Mezi základní metody měření průtoku patří:

- Měření rozdílu tlaku před a za primárním prvkem průtokoměru
- Měření rychlosti proudění tekutiny
- Měření objemového průtoku
- Měření hmotnostního průtoku

[16]

Každý průtokoměr využívá jinou metodu.

Měření rozdílu tlaku před a za primárním prvkem průtokoměru

Většina průmyslových průtokoměrů je založena na tomto způsobu. Mezi průtokoměry pracující na tento způsob patří clona, dýza, Venturiho trubice, atd. Dále mezi průtokoměry založené na snímání diference tlaku patří rychlostní sondy (Pitotova trubice, víceotvorová rychlostní sonda, Prandtlova trubice, kulová sonda, válcová sonda a jiné), kolenový průtokoměr, plovákové průtokoměry, atd.

[16]

Měření rychlosti proudění tekutiny

U tohoto principu měření se stanovuje objemový průtok ze vztahu:

$$Q_v = \bar{v} \cdot S$$

kde \bar{v} ... střední rychlost proudění tekutiny

S ... průřez potrubí

V tomto případě je signál z výstupu průtokoměru lineárně závislý na průtoku, na rozdíl od snímačů založených na měření rozdílu tlaků, kde je závislost kvadratická. Proto zde odpadají problémy s chybami u odmocňování.

Mezi průtokoměry, které pracují na tomto principu, patří turbínkové průtokoměry, vírové průtokoměry, elektromagnetické průtokoměry a ultrazvukové průtokoměry.

- Elektromagnetické (indukční) průtokoměry

Tyto průtokoměry využívají principu Faradayova zákona elektromagnetické indukce. Pohybem vodiče, čímž je tekutina, v homogenním magnetickém poli se indukuje elektrické napětí. Pro potrubí kruhového průřezu, kterým protéká kapalina, úpravou základní rovnice dostaneme:

$$U_i = B \cdot l \cdot v = B \cdot D \cdot \frac{4 \cdot Q_v}{\pi \cdot D^2}$$

kde U_i ... indukované napětí [V]

B ... indukce magnetického pole [T]

l ... délka [m]

v ... rychlost proudění [m/s]

D ... průměr potrubí [m]

Q_v ... objemový průtok [m^3/s]

Tímto průtokoměrem lze měřit kapaliny, které jsou elektricky vodivé i nemagnetické. Podmínkou pro správné měření průtoku je, že potrubí musí být zcela zaplněno tekutinou. Protože se tyto průtokoměry nekládají do potrubí (jsou bezdotykové), nezpůsobují žádnou trvalou tlakovou ztrátu. Navíc nemají žádné pohyblivé části, které by podléhaly opotřebování.

[7]

- Ultrazvukové průtokoměry

Ultrazvukové průtokoměry používají pro měření rychlosti proudění tekutiny v potrubí ultrazvukového vlnění.

Existují dva typy:

- I. Na základě Dopplerova principu - vysílají do tekutiny ultrazvukové vlny s konstantní frekvencí a přijímají vlnění odražené od pevných částic nebo od bublin rozptýlených v tekutině. Vzhledem k pohybu částic nebo bublin s tekutinou, je frekvence přijatého ultrazvukového vlnění odlišná od frekvence vyslané vlny. Rozdíl frekvencí je pak úměrný rychlosti proudění tekutiny.
- II. Na principu měření doby průchodu kapalinou - vysílají do tekutiny ultrazvukové vlny s konstantní frekvencí a přijímají vlnění odražené od pevných částic nebo od bublin rozptýlených v tekutině. Vzhledem k pohybu částic nebo bublin s tekutinou, je frekvence přijatého ultrazvukového vlnění odlišná od frekvence vyslané vlny. Rozdíl frekvencí je pak úměrný rychlosti proudění tekutiny.

[16]

Porovnání jednotlivých průtokoměrů [7]

Průtokoměr	Rozsah (Q_{\max} / Q_{\min})	Plyny, páry		Kapaliny				Teplota [°C]	Tlak [MPa]	Přesnost (z měřené hodnoty)	Tlaková ztráta
		A	B	A	B	C	D				
Normalizovaná clona	4:1	x	-	x	o	-	o	do 540	do 41	1-2%	velká
Excentrická clona	4:1	o	x	o	x	-	o	do 540	do 41	2%	velká
Segmentová clona	4:1	o	x	o	x	-	o	do 540	do 41	2%	velká
Venturiho trubice	4:1	x	o	x	o	o	o	do 540	do 41	1-2%	střední
Dýza	4:1	x	o	x	o	o	o	do 540	do 41	1-2%	velká
Pitotova trubice	3:1	x	-	x	-	o	o	do 540	do 41	5%	malá
Kolenový	3:1	x	o	x	o	-	o	do 540	do 41	5%	malá
Annubar	10:1	x	o	x	-	o	o	do 540	do 41	1.5%	malá
Plováčkový skleněný	10:1	x	-	x	-	x	o	do 120	do 3	1%	střední
Elektromagnetický	30:1	-	-	x	x	x	x	do 180	do 10,5	1%	-
Vírový	20:1	x	o	x	o	-	o	do 430	do 10,5	1,5%	střední
Turbínkový	10:1	x	-	x	-	o	o	do 500	do 43	0,5%	velká
Ultrazvukový (Dopplerův efekt)	30:1	-	x	-	x	o	x	do 300	do 10	5%	-
Coriolisův	80:1	o	-	x	x	x	o	do 200	do 10	0,2%	malá
Termoanemometr	50:1	x	-	o	-	-	-	do 65	do 31	1%	malá
Dávkovací průtokoměry	10:1	-	-	x	-	o	-	do 250	do 10	1%	střední až velká

Pozn. A = čistá tekutina

B = znečištěná tekutina

C = viskózní tekutina

D = korozivní tekutina

Pozn. x = průtokoměr je přímo určen pro daný typ tekutiny

o = průtokoměr lze použít pro tento typ tekutiny

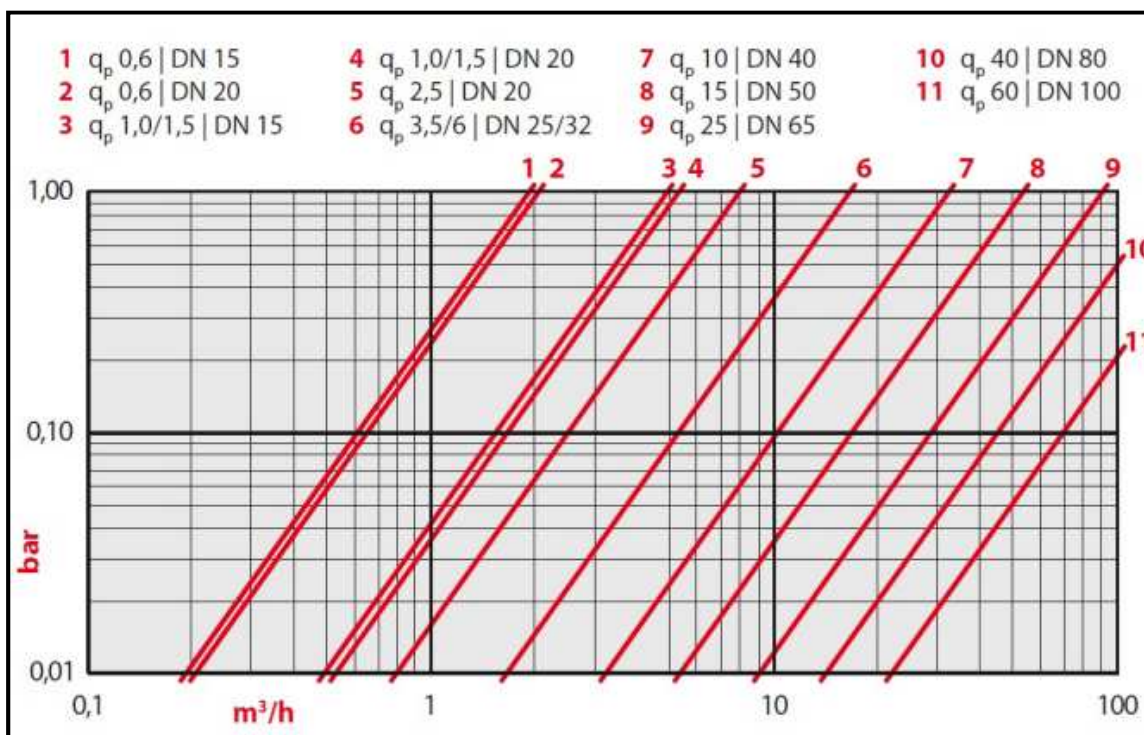
- = průtokoměr není určen pro tuto tekutinu.

Ultrazvukový průtokoměr SHARKY FS 473 je určen pro měření průtoku v systémech topení/chlazení a pro technologické účely, především jako součást měřičů tepla. Využívá statického principu měření bez pohyblivých částí, což výrazně snižuje opotřebení komponent měřiče. Dalšími vlastnostmi jsou nízké tlakové ztráty, vysoká dynamika měření, nízký rozběhový průtok, samočisticí schopnost, netečnost vůči magnetitu v médiu. Má typové schválení pro celou EU podle směrnice MID. Napájení je interní bateriové nebo externí z kalorimetrického počítadla nebo externího napáječe. [22]



Ultrazvukový průtokoměr [22]

10.1 Graf tlakových ztrát průtokoměru SHARKY FS 473



11. OBĚHOVÁ ČERPADLA PRO SOLÁRNÍ SYSTÉMY

Oběhová čerpadla jsou hybným prvkem solární soustavy, zajišťující dopravu teplotnosné látky mezi kolektorem a zásobníkem tepla. Čerpadla můžeme rozdělit na hydrostatická a hydrodynamická.

U čerpadel hydrostatických převažuje potenciální energie a rychlostní energie je zanedbatelná. U čerpadel hydrodynamických jsou tyto energie rovnocenné.

V obecném případě je čerpání kapalin definováno Bernoulliho rovnicí popsanou níže, v níž je celková energie Y [J/kg] obsažená v 1 kg čerpané kapaliny.

$$Y = g \cdot H + \frac{p}{\rho} + \frac{w^2}{2} \quad [3]$$

Mezi hydrostatická čerpadla patří např. čerpadla zubová, tyto čerpadla se vyznačují tvrdou charakteristikou, která způsobuje nezávislost průtoku na tlakových ztrátách potrubní sítě, což umožňuje přesné nastavení a udržení konstantního průtoku v soustavě. [7]

U těchto čerpadel, hydrostatických, převažuje potenciální energie ($g \cdot H + \frac{p}{\rho}$) zanedbatelná je energie rychlostní ($\frac{w^2}{2}$). [3]

Častěji používaná jsou hydrodynamická čerpadla, která mají měkkou charakteristiku s výraznou vazbou mezi výtlakem kapaliny a jejím průtokem.

Čerpadla, která jsou řízená elektronicky, se využívají především u solárních soustav s proměnným průtokem, případně tam, kde dochází k vyprazdňování kolektorů (drain-back), kde je nutný vysoký výtlak pro zaplavení kolektorů a poté se čerpadlo automaticky přepne na otáčky odpovídající pracovnímu bodu soustavy.

Při výběru oběhového čerpadla by měl pracovní bod solární soustavy ležet v oblasti maximální účinnosti čerpadla.

Pro maloplošné solární soustavy se často používají instalační jednotky, obsahující vše potřebné pro správný chod solární soustavy. Tyto jednotky se používají pro široký rozsah velikosti solárních soustav. Čerpadlo je proto zpravidla předimenzované, aby zvládlo i tu nejvyšší soustavu v daném rozsahu. Proto je nutné ověřit, zda je čerpadlo vhodné pro námi navrhovaný typ solární soustavy, nebo jej případně vyměnit za menší, aby nedocházelo ke zbytečně vysoké spotřebě elektrické energie v provozu. [7]

A4. EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ

EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ

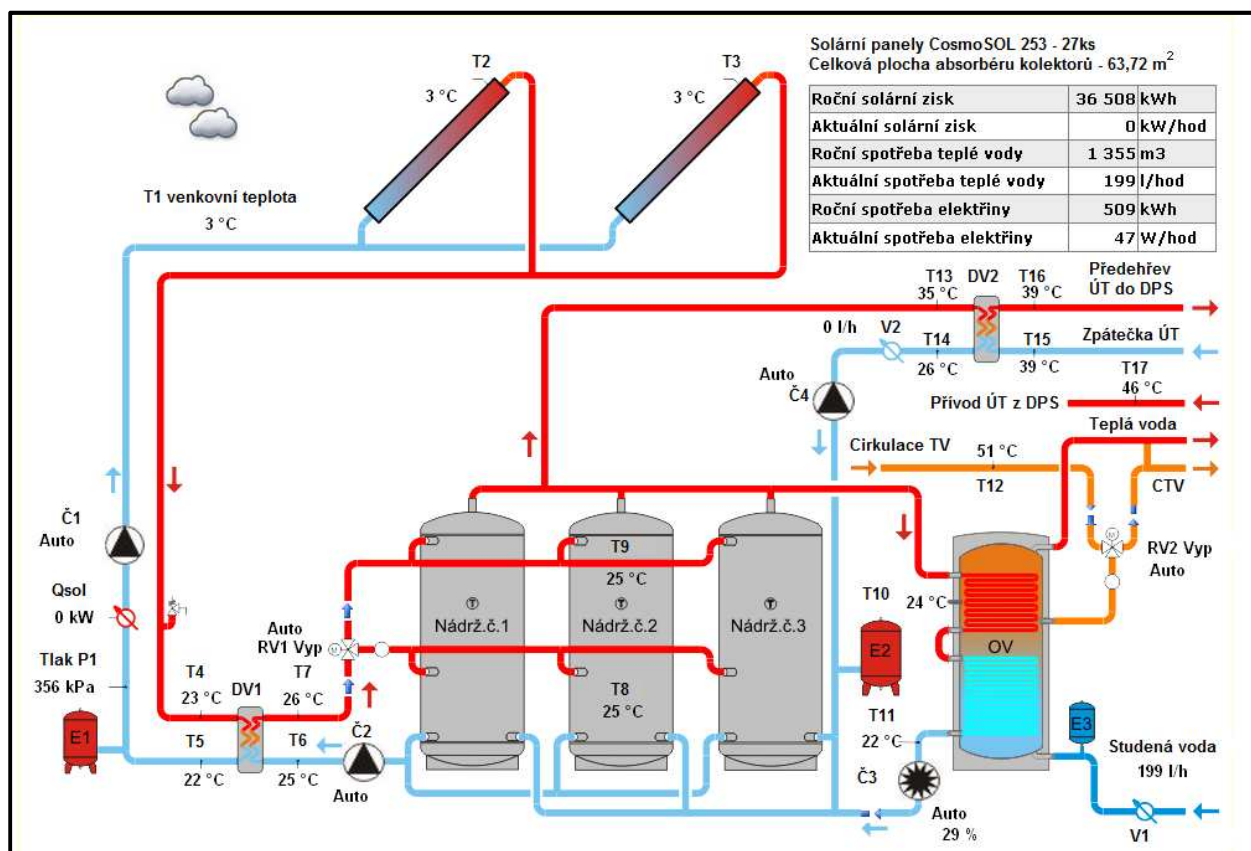
Experimentální řešení se provádí pomocí on-line monitoringu, který zachycuje všechna potřebná data k vyhodnocování výsledků, jako je spotřeba teplé vody, solární zisk a další.

Odkaz je přístupný na adrese:

<http://109.231.148.190/Orlova1250/Technol/Orlova1250/TechnolOrlova1250.aspx>

Na ploché střeše je osazeno 27 termických kapalinových kolektorů typu CosmoSOL 253 o celkové absorpční ploše 63,72 m².

Náhled na online monitoring:



Reálné schéma zapojení bytového domu v Orlové [17]

A5. ŘEŠENÍ VYUŽÍVAJÍCÍ VÝPOČETNÍ TECHNIKU

ŘEŠENÍ VYUŽÍVAJÍCÍ VÝPOČETNÍ TECHNIKU

Microsoft Word

- Pomocí tohoto programu byly zpracovávány textové části této diplomové práce.

Microsoft Excel

- Pomocí tohoto programu byly zpracovávány výpočtové části, tabulky a grafy. Je ho použito ve všech řešených částech této práce.

ArchiCAD 12

- Pomocí tohoto softwaru byly zpracovány všechny výkresy a 3D vizualizace řešeného objektu této diplomové práce.

B. APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ

1. Návrh kolektorového pole pro bytový dům – statistický rok

Návrh kolektorového pole pro bytový dům v Orlové - statistický rok

Stanovení účinnosti plochého slunečního kolektoru Reflex II RSK 25

$$\eta_k = \eta_0 - (\alpha_1 * (t_m - t_{es}) / G_{T, stř}) - (\alpha_2 * (t_m - t_{es})^2 / G_{T, stř}) \quad [-]$$

α_1	lineární součinitel tepelné ztráty [W/m ² .K]
α_2	kvadratický součinitel tepelné ztráty [W/m ² .K ²]
t_{es}	prům. venkovní teplota v době slunečního svitu [°C]
$G_{T, stř}$	střední denní sluneční ozáření uvažované plochy kolektoru o určitém sklonu a orientaci [W/m ²]
η_k	účinnost kolektoru [-]
η_0	optická účinnost kolektoru [-]
t_m	střední teplota teplotonosné látky

Denní měrný tepelný zisk z kolektorů

$$q_k = \eta_k * H_{T, den} \quad [\text{kWh/m}^2 \cdot \text{den}]$$

η_k	účinnost kolektoru [-]
$H_{T, den}$	skutečná denní dávka slunečního ozáření [kWh/m ² .den]

$$H_{T, den} = \tau_r * H_{T, den, teor} + (1 - \tau_r) * H_{T, den, dif} \quad [\text{kWh/m}^2 \cdot \text{den}]$$

τ_r	poměrná doba slunečního svitu [-]
$H_{T, den, teor}$..	teoretická denní dávka ozáření plochy [kWh/m ² .den]
$H_{T, den, dif}$...	denní dávka difúzního slunečního záření [kWh/m ² .den]

DIPLOMOVÁ PRÁCE
Hydraulika solárních systémů

	t_{es}	G_{stf}	$H_{Tden,teor}$	$H_{Tden,dif}$	η_k	τ_r	$H_{T,den}$	$q_{k,den}$	A_k	P_k	A_{kd}
I.	1,60	408	3,44	0,46	0,532	0,18	0,996	0,530	408,01	186,3	65,70
II.	2,40	479	4,69	0,65	0,574	0,27	1,741	0,999	216,44	98,8	65,70
III.	6,00	526	6,18	0,97	0,614	0,4	3,054	1,874	115,41	52,7	65,70
IV.	10,70	521	7,08	1,34	0,639	0,44	3,866	2,470	87,57	40,0	65,70
V.	15,90	516	7,87	1,62	0,666	0,5	4,745	3,162	68,41	31,2	65,70
VI.	18,90	512	8,23	1,75	0,681	0,51	5,055	3,444	62,80	28,7	65,70
VII.	20,70	508	7,95	1,72	0,690	0,52	4,960	3,422	63,20	28,9	65,70
VIII.	20,80	509	7,25	1,5	0,691	0,54	4,605	3,181	68,00	31,0	65,70
IX.	18,00	509	6,33	1,16	0,676	0,52	3,848	2,602	83,14	38,0	65,70
X.	12,70	479	5,03	0,8	0,639	0,37	2,365	1,511	143,19	65,4	65,70
XI.	7,20	417	3,71	0,53	0,579	0,19	1,134	0,657	329,41	150,4	65,70
XII.	3,30	377	3,00	0,4	0,526	0,17	0,842	0,443	488,52	223,1	65,70

t_m	Q_{pc}
40	206,00

data výrobce: $\alpha_1 = 2,097$

$\alpha_2 = 0,014$ Sluneční kolektory Reflex

$\eta_0 = 0,78$ II RSK

Výpočet plochy kolektoru

$$A_k = ((1+p) \cdot Q_{pc}) / q_k \text{ [m}^2\text{]}$$

A_k aperturní plocha kolektoru [m²]

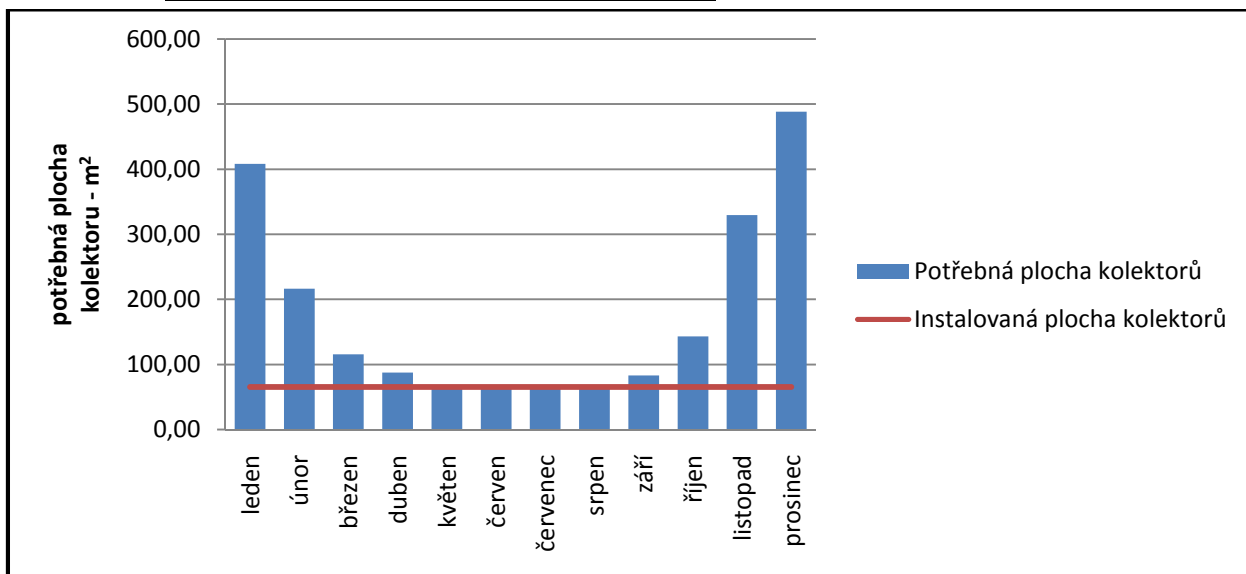
A_{kd} instalovaná plocha kolektoru [m²]

Q_{pc} potřeba tepla na přípravu teplé vody [kWh/den]

q_k denní měrný tepelný zisk z kolektorů [kWh/m².den]

p přírážka na tepelné ztráty [%]

1.1 Graf potřebné plochy kolektorového pole



Potřeba tepla na přípravu teplé vody

$$Q_{pc} = (1+p) * ((n * V * \rho * c * (t_2 - t_1)) / 3,6 * 10^6) \text{ [kWh/den]}$$

p	přirážka na tepelné ztráty [%]	$p =$	3
n	počet jednotek [-]	$n =$	80
V	průměrná denní potřeba teplé vody na jednotku [m^3 /den]	$V =$	0,05
ρ	hustota vody [kg/m^3]	$\rho =$	1000
c	měrná tepelná kapacita vody [$J/kg.K$]	$c =$	4186
t_2	požadovaná teplota teplé vody [$^{\circ}C$]	$t_2 =$	55
t_1	teplota studené vody [$^{\circ}C$]	$t_1 =$	12

$$Q_{pc} = (1+0,03) * ((80 * 0,05 * 1000 * 4186 * (55-12)) / 3,6 * 10^6) = \underline{\underline{206,00}} \text{ kWh/den}$$

Výpočet počtu kolektorů

$$P_k = A_k / A_{1k} \text{ [ks]}$$

A_k	aperturní plocha kolektoru [m^2]	
A_{1k}	účinná absorpční plocha kolektoru [m^2]	$A_{1k} =$ 2,19

Návrh počtu kolektorů

$$P_{ks} = \underline{\underline{30,00}}$$

Výpočet celkové absorpční plochy kolektorů

$$A_{ks} = A_{1k} * P_{ks} = 2,19 * 30 = \underline{\underline{65,7}} \text{ m}^2$$

$$Q_{ku} = 0,9 * \eta_k * n * H_{T,den} * A_{ks} * (1-p) \text{ [kWh/měsíc]}$$

	$Q_{pc,den}$	$Q_{pc,měsíc}$	$Q_{k,u}$
I.	206,00	6385,93	923,14
II.	206,00	5767,94	1571,83
III.	206,00	6385,93	3263,68
IV.	206,00	6179,93	4162,66
V.	206,00	6385,93	5505,53
VI.	206,00	6179,93	5804,48
VII.	206,00	6385,93	5959,77
VIII.	206,00	6385,93	5539,23
IX.	206,00	6179,93	4384,42
X.	206,00	6385,93	2630,51
XI.	206,00	6179,93	1106,56
XII.	206,00	6385,93	771,02
$\Sigma=$		75189,16	41622,83

Pokrytí potřeby tepla kolektorem

55,36 %

Q_{ku} teplo vyrobené kolektory za daný měsíc [kWh/měsíc]

η_k účinnost kolektoru [-]

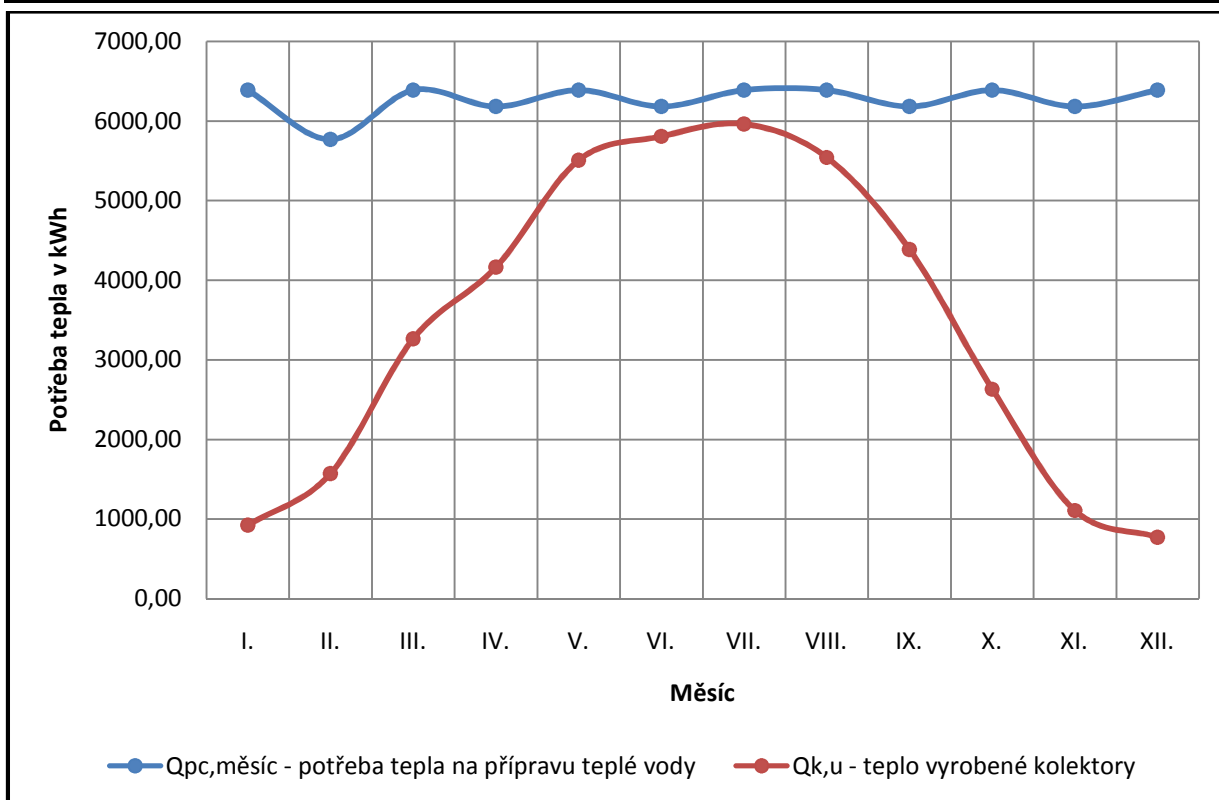
n počet dní v měsíci

$H_{T,den}$ skutečná denní dávka slunečního ozáření [kWh/m².den]

A_{ks} celková absorpční plocha kolektorů [m²]

p přírážka na tepelné ztráty [%]

1.2 Graf potřeby tepla pro přípravu teplé vody v daných měsících a teplo kolektory vyrobené



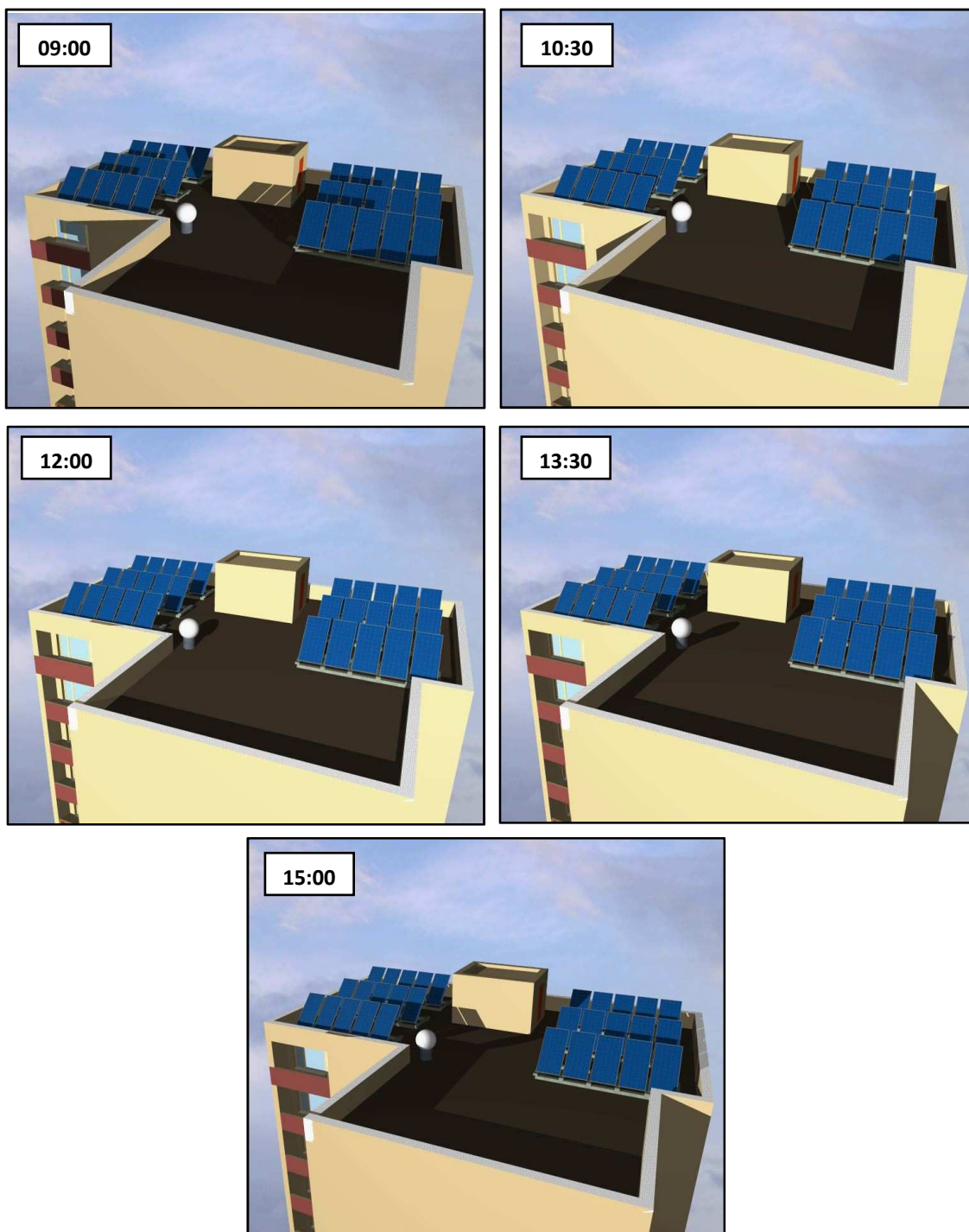
2. Návrh studie oslunění kolektorové plochy

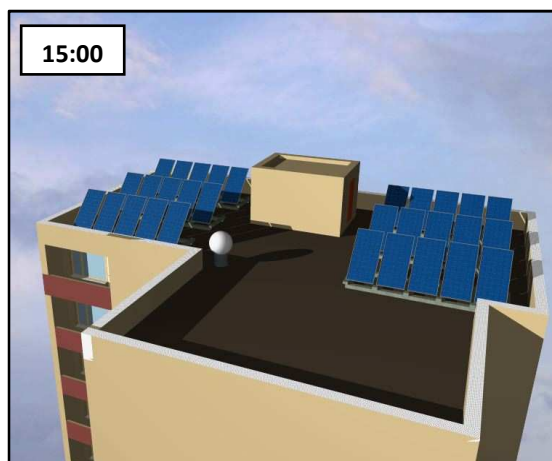
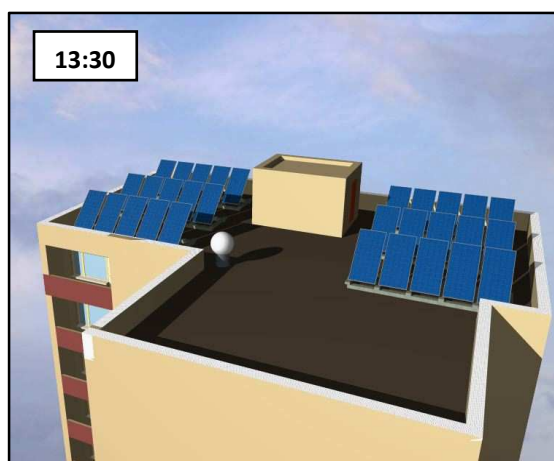
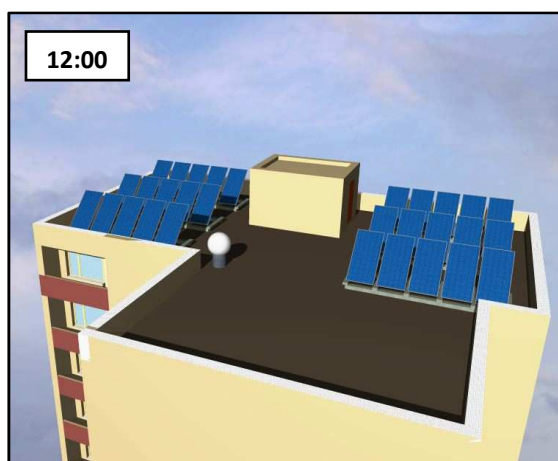
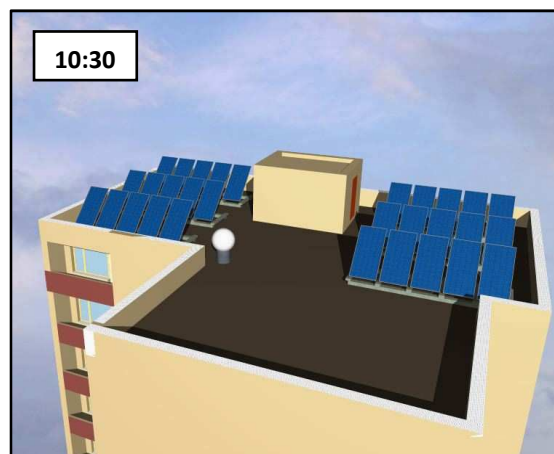
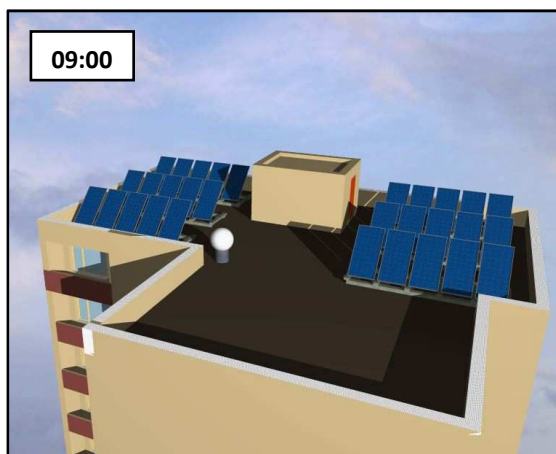
Studie oslunění

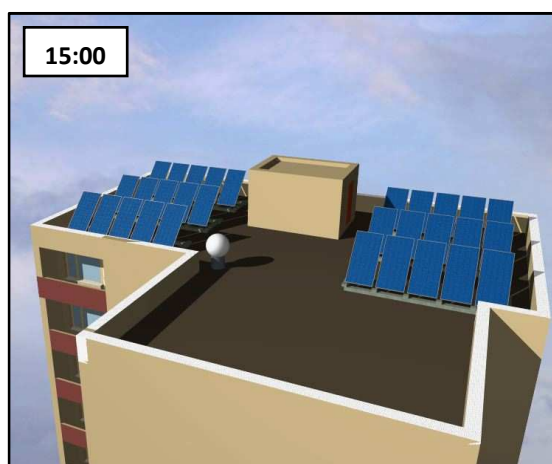
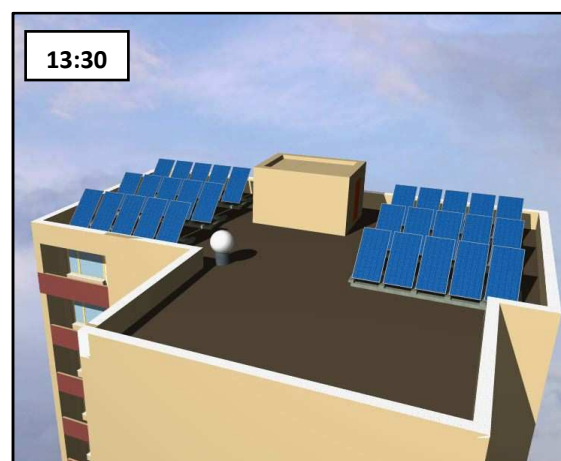
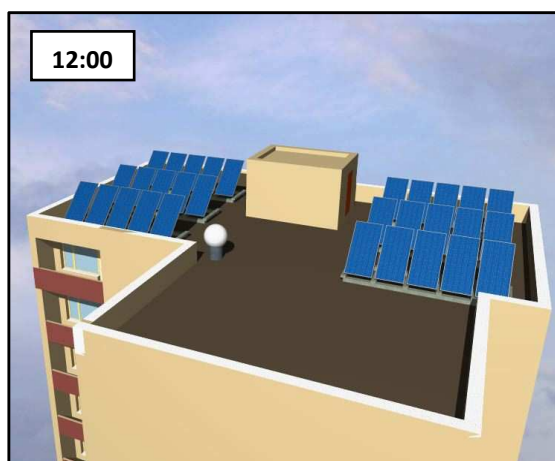
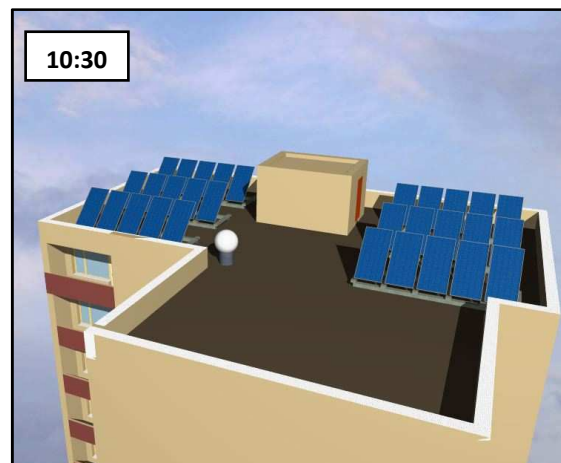
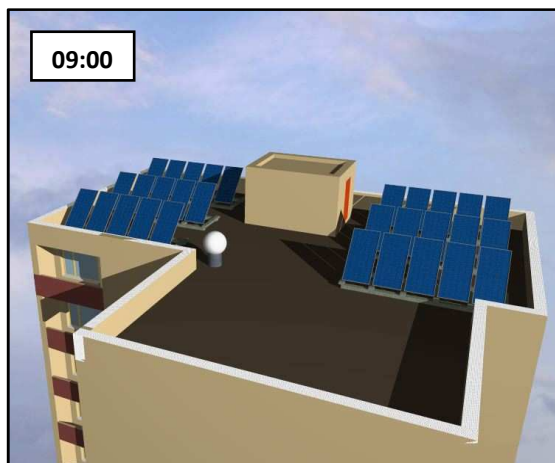
Slunce vrhá nejdelší stíny v zimním období, kdy je nízko nad obzorem, proto byla provedena studie oslunění pro měsíc leden, únor a březen vždy k 21. dni daného měsíce.

Na následujících obrázcích lze vidět jednotlivé stíny od veškerých zařízení a konstrukcí vyskytujících se na ploché střeše panelového domu v Orlové.

LEDEN







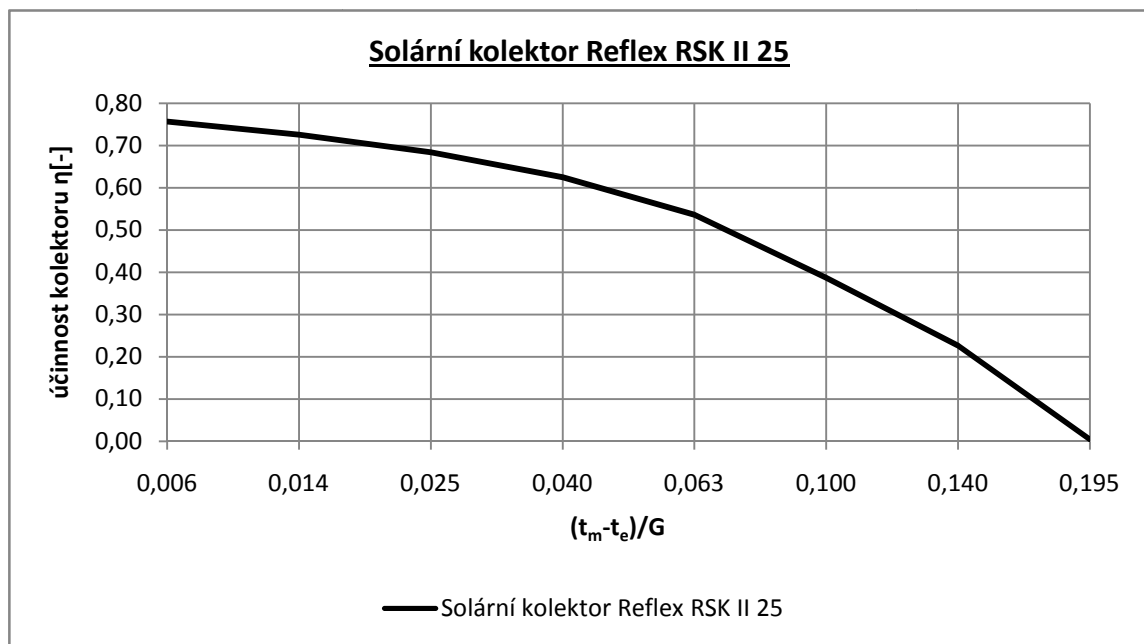
3. Výpočet stagnační teploty solárního kolektoru

Výpočet stagnační teploty solárního kolektoru

Stanovení křivky účinnost solárního kolektoru v závislosti na $x=(t_m-t_e)/G$

$$\eta = a_1 \frac{t_m - t_e}{G} - a_2 G \left(\frac{t_m - t_e}{G} \right)^2$$

Plochý selektivní kolektor Reflex RSK II 25								
η_0	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
a_1	3,79	3,79	3,79	3,79	3,79	3,79	3,79	3,79
a_2	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048
t_e	35	30	25	20	15	10	5	0
t_m	40	40	40	40	40	40	40	40
t_m-t_e	5	10	15	20	25	30	35	39
G	800	700	600	500	400	300	250	200
η	0,76	0,73	0,68	0,62	0,54	0,39	0,23	0,00
t_m-t_e/G	0,006	0,014	0,025	0,040	0,063	0,100	0,140	0,195



Při $\eta = 0 \Rightarrow \left(\frac{t_m - t_e}{G} \right) = 0,195$

Stagnační teplota

$$t_{stg} = 30 + 1000 \cdot \left(\frac{t_m - t_e}{G} \right)_{\eta=0}$$

$$t_{stg} = 225 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Maximální klidová teplota kolektoru dle výrobce je 232 °C.

4. Zvolení hodnot intenzit slunečního záření pro dimenzování solárního potrubí

Zvolení hodnot intenzity slunečního záření pro dimenzování solárního potrubí

Střední hodnota intenzity slunečního záření byla zvolena dle Topenářské příručky

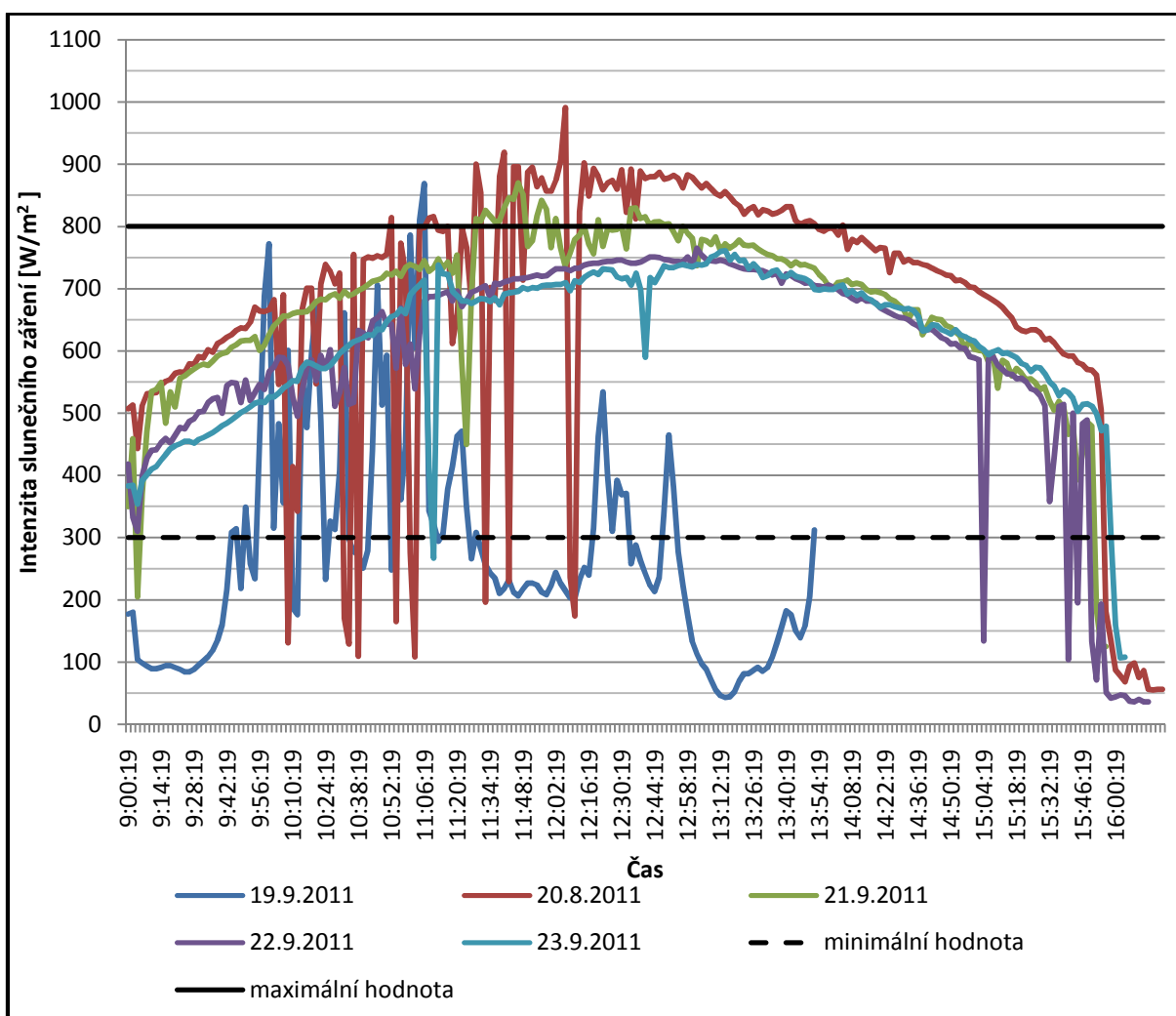
Azimutový úhel oslněné plochy +/- 15°, město - Topenářská příručka

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
408	479	526	521	516	512	508	509	509	479	417	377

Minimální a maximální hodnoty byly zvoleny s ohledem na měření, které probíhalo v srpnu a září na meteorologické stanici v Brně, a to tehdy kdy byly velice slunečné dny. Jak je vidět z grafu, tak maximální hodnoty se pohybují okolo 800 W/m² a i více, ale měření bylo provedeno v Brně. Vzhledem k tomu, že mnou navrhovaný solární systém se nachází v Orlové (okr. Karviná), byla jako maximální hodnota zvolena hodnota tato. Pro minimální hodnotu 300 W/m² bylo rozhodnuto z důvodu významnosti chodu solárního systému. Pod tuto nebo okolní přibližnou hodnotu už nemá význam, aby solární systém byl v provozu, nesepe se oběhové čerpadlo.

4.1 Graf zvolených intenzit slunečního záření

Intenzita slunečního záření v Brně v měsíci srpnu a září 2011



5. Dimenzování solárního potrubí – obecný základ

Dimenzování solárního potrubí

Hmotnostní průtok

$$M = Q/c*(t_1 - t_2)$$

[kg/s]

Objemový průtok

$$V = Q/c*\rho*(t_1 - t_2)$$

[m³/s]

°C	Hustota [kg/m ³]				Tepelná kapacita [kJ/(kg.K)]				Intenzita slunečního záření [W/m ²]		
	objemová koncentrace Solaren [%]				objemová koncentrace Solaren [%]				min	stř	max
-20			1058	1068			3,55	3,32	300,00	479,00	800,00
0	1025	1037	1048	1057	3,98	3,79	3,62	3,4	stř hodnota vybrána z topenářské příručky		
20	1019	1029	1039	1047	4,02	3,85	3,69	3,48			
40	1011	1019	1027	1034	4,05	3,92	3,77	3,57	min a max hodnoty zvoleny		
60	1000	1007	1014	1020	4,08	3,98	3,84	3,65			
80	988	995	1001	1006	4,11	4,04	3,91	3,74			
100	976	982	987	991	4,15	4,1	3,99	3,82			

počet sériově řazených kolektorů:

$$n = 5 \quad ks$$

účinnost kolektorové plochy:

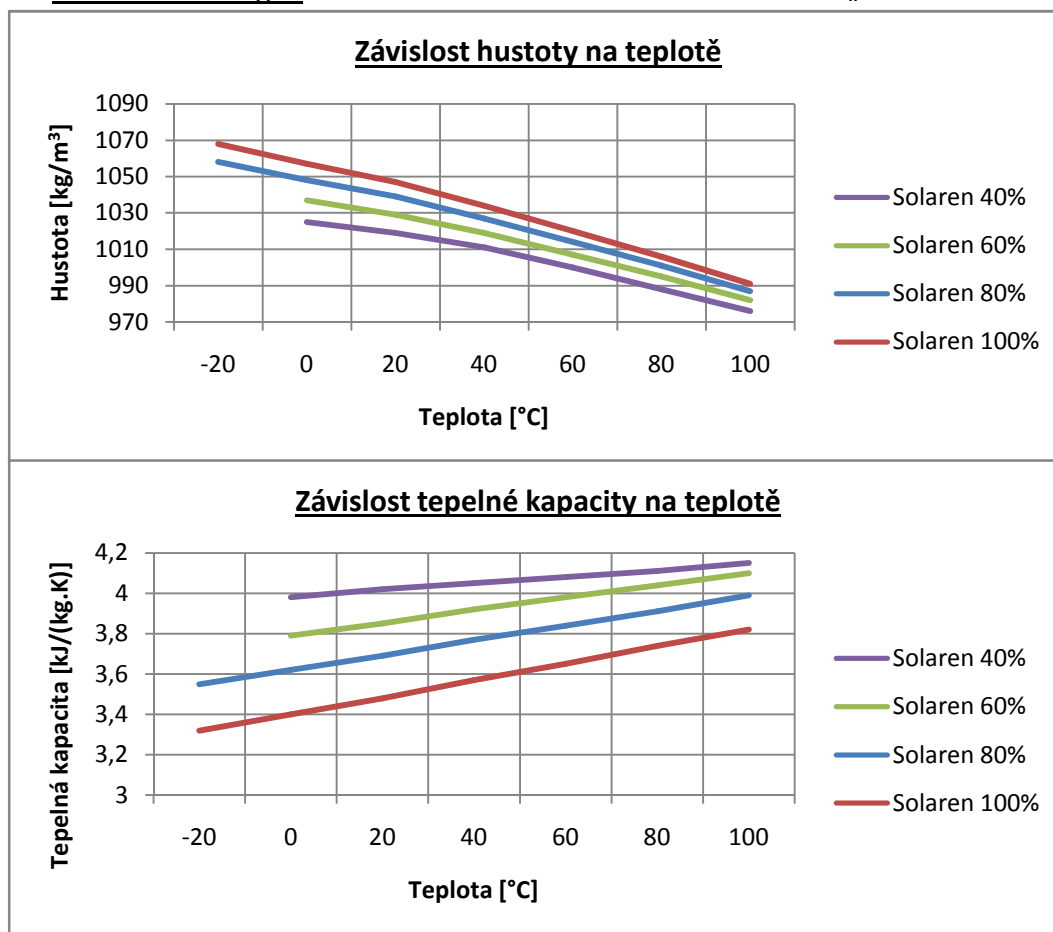
$$n_k = \text{tabulka}$$

absorpční plocha kolektoru:

$$A = 2,19 \quad m^2$$

Maximální energie:

$$Q = n*n_k*G*A$$



Energie pro různou intenzitu slunečního záření

	η_k	Q_{\min} [W]	$Q_{\text{stř}}$ [W]	Q_{\max} [W]
I	0,532	1748	2791	4661
II	0,5741	1886	3011	5029
III	0,6137	2016	3219	5376
IV	0,639	2099	3352	5598
V	0,6663	2189	3495	5837
VI	0,6814	2238	3574	5969
VII	0,6901	2267	3619	6045
VIII	0,6908	2269	3623	6051
IX	0,6761	2221	3546	5922
X	0,6387	2098	3350	5595
XI	0,5789	1902	3037	5071
XII	0,5258	1727	2758	4606

Pro dimenzování byly vybrány měsíce srpen, kde vychází hodnota nejvyšší a měsíc prosinec, kde naopak nejmenší.

VARIANTA I. - průtok 15l/hod.m²*5

Hmotnostní průtok srpen

$$M = Q/c * (t_1 - t_2)$$

nízký průtok :

$$15 \text{ l/hod.m}^2 * 5 =$$

Low - Flow

$$\Delta t = Q/(c.M)$$

$$(M * p_k * A * \eta_k) / 3600$$

$$(15 * 5 * 2,19 * 0,69) / 3600$$

$$\underline{0,031} \text{ kg/s}$$

pro jedno kolektorové pole

Hmotnostní průtok prosinec

$$M = Q/c * (t_1 - t_2)$$

nízký průtok :

$$15 \text{ l/hod.m}^2 * 5 =$$

Low - Flow

$$\Delta t = Q/(c.M)$$

$$(M * p_k * A * \eta_k) / 3600$$

$$(15 * 5 * 2,19 * 0,52) / 3600$$

$$\underline{0,024} \text{ kg/s}$$

pro jedno kolektorové pole

VARIANTA II. - průtok 20l/hod.m²*5

Hmotnostní průtok srpen

$$M = Q/c * (t_1 - t_2)$$

vyšší průtok :

$$20 \text{ l/hod.m}^2 * 5 =$$

$$\Delta t = Q/(c.M)$$

$$(M * p_k * A * \eta_k) / 3600$$

$$(20 * 5 * 2,19 * 0,69) / 3600$$

$$\underline{0,042} \text{ kg/s}$$

pro jedno kolektorové pole

Hmotnostní průtok prosinec

$$M = Q/c * (t_1 - t_2)$$

vyšší průtok :

$$20 \text{ l/hod.m}^2 * 5 =$$

$$\Delta t = Q/(c.M)$$

$$(M * p_k * A * \eta_k) / 3600$$

$$(20 * 5 * 2,19 * 0,52) / 3600$$

$$\underline{0,032} \text{ kg/s}$$

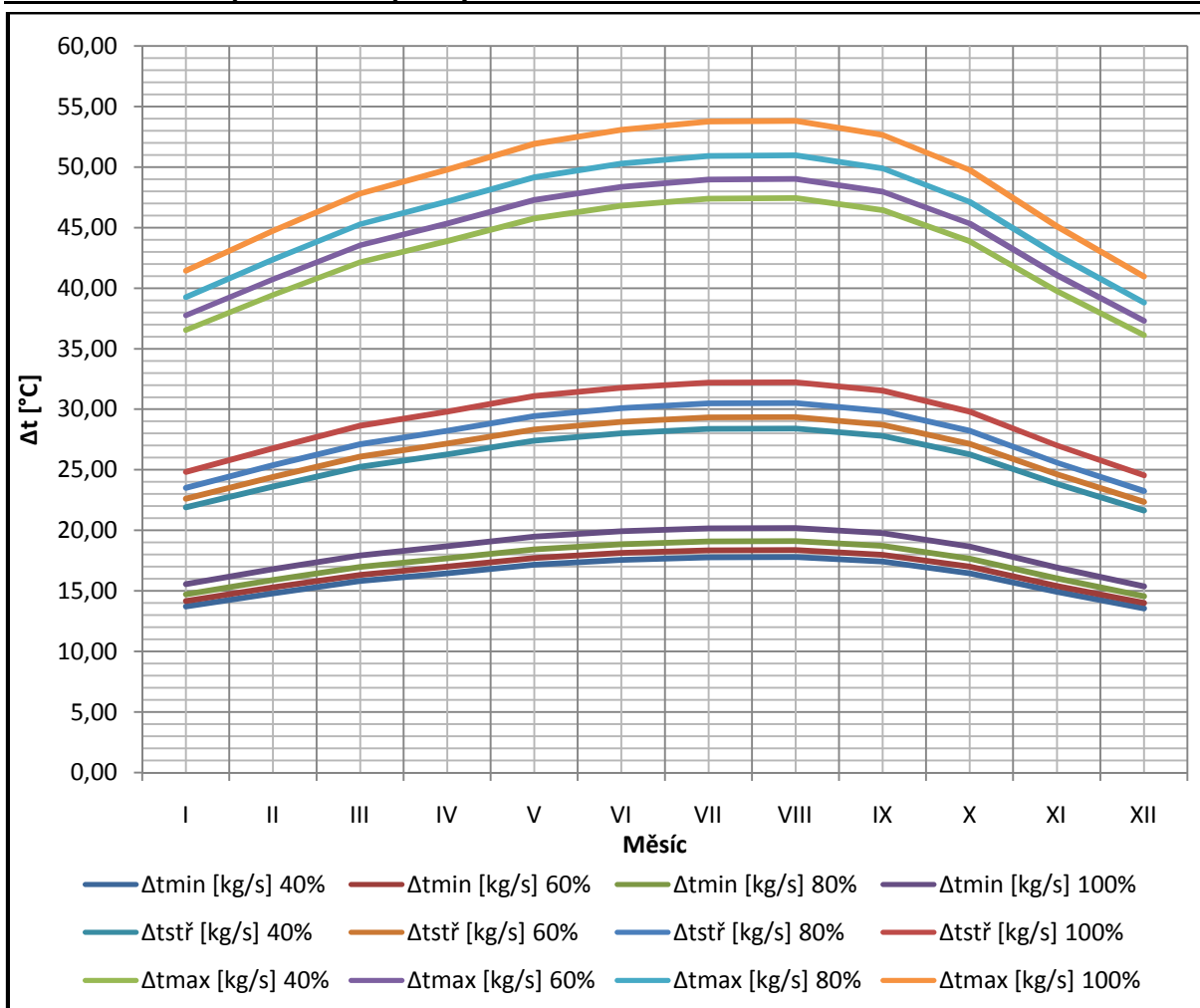
pro jedno kolektorové pole

6. Dimenzování solárního potrubí – varianta I.

Teplotní rozdíl Δt ohřátí teplotnosné kapaliny Solaren v závislosti na její koncentraci a sl.záření -
VARIANTA I. - 15 l/hod. m² *5

	Δt_{\min} [kg/s]				$\Delta t_{\text{stř}}$ [kg/s]				Δt_{\max} [kg/s]			
	40%	60%	80%	100%	40%	60%	80%	100%	40%	60%	80%	100%
I	13,71	14,16	14,72	15,55	21,88	22,61	23,51	24,83	36,55	37,76	39,27	41,47
II	14,79	15,28	15,89	16,78	23,61	24,40	25,37	26,79	39,44	40,75	42,37	44,74
III	15,81	16,33	16,98	17,94	25,24	26,08	27,12	28,64	42,16	43,56	45,29	47,83
IV	16,46	17,01	17,68	18,68	26,28	27,16	28,24	29,82	43,90	45,36	47,16	49,80
V	17,17	17,73	18,44	19,47	27,41	28,32	29,44	31,09	45,77	47,29	49,17	51,93
VI	17,55	18,14	18,86	19,92	28,03	28,96	30,11	31,80	46,81	48,37	50,29	53,11
VII	17,78	18,37	19,10	20,17	28,39	29,33	30,49	32,20	47,41	48,98	50,93	53,78
VIII	17,80	18,39	19,12	20,19	28,41	29,36	30,52	32,23	47,46	49,03	50,98	53,84
IX	17,42	17,99	18,71	19,76	27,81	28,73	29,87	31,55	46,44	47,98	49,89	52,69
X	16,45	17,00	17,68	18,67	26,27	27,14	28,22	29,80	43,88	45,33	47,14	49,78
XI	14,91	15,41	16,02	16,92	23,81	24,60	25,58	27,02	39,77	41,09	42,73	45,12
XII	13,55	14,00	14,55	15,37	21,63	22,35	23,24	24,54	36,13	37,32	38,81	40,98

6.1 Graf ohřátí teplotnosné kapaliny v závislosti na Int.sl.záření a koncentraci Solarenu – var. I



Dimenzování solárního potrubí pro měsíc srpen - var. I

Q_{min}, 60% solaren

	Q [W]		
	Q _{min} [W]	Q _{stř} [W]	Q _{max} [W]
VIII	2269	3623	6051

1) volba průtoku: nízký

$$M_1 = 0,031 \text{ kg/s}$$

2) rozdělení na úseky

Data z projektu				Data z tabulek				Vypočteno					
Č.ú.	Q	M	l	Σ ζ	DN	R	v (w)	Z	R.l	Δpv	R.l+Z+Δpv	Δpdis	
	[W]	[kg/h]	[m]	[-]	[D x t]	[Pa/m]	[m/s]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	
Dimenzování základního okruhu													
1	2269	67,2	7,90	2,0	15 x 1	96,5	0,14	19,97	762,35	375	1157,32	1157,32	
2	4538	134,5	7,90	2,0	18 x 1	82,9	0,19	36,79	655,147	375	1066,93	2224,26	
3	6807	201,7	28,83	4,8	22 x 1	53,4	0,19	88,29	1538,9454	375	2002,23	4226,49	
4	13615	403,4	50,66	12,3	28 x 1,5	39,8	0,22	303,32	2013,735	5625	7942,05	12168,54	
											+deskový výměník	4730	20698,5
											+ průtokoměr DN20,qv 0,6	3800	

Q_{stř}, 60% solaren

1) volba průtoku: nízký

$$M_1 = 0,031 \text{ kg/s}$$

2) rozdělení na úseky

Data z projektu				Data z tabulek				Vypočteno				
Č.ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	$\Sigma \zeta$ [-]	DN [D x t]	R [Pa/m]	v (w) [m/s]	Z [Pa]	R.l [Pa]	Δp_v [Pa]	R.l+Z+ Δp_v [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
Dimenzování základního okruhu												
1	3623	107,4	7,90	2,0	15 x 1	135,9	0,20	40,76	1073,768	375	1489,53	1489,53
2	7246	214,7	7,90	2,0	18 x 1	118,5	0,27	74,29	935,913	375	1385,20	2874,73
3	10869	322,1	28,83	4,8	22 x 1	77,6	0,27	178,28	2238,3612	375	2791,65	5666,37
4	21738	644,1	50,66	12,3	28 x 1,5	71,9	0,35	767,69	3644,4804	5625	10037,17	15703,54
										+deskový výměník	7570	31073,5
										+ průtokoměr DN20,qv 0,6	7800	

Q_{\max} , 60% solaren

1) volba průtoku: nízký

$$M_1 = 0,031 \text{ kg/s}$$

2) rozdělení na úseky

Data z projektu				Data z tabulek				Vypočteno				
Č.ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	$\Sigma \zeta$ [-]	DN [D x t]	R [Pa/m]	v (w) [m/s]	Z [Pa]	R.l [Pa]	Δp_v [Pa]	R.l+Z+ Δp_v [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
Dimenzování základního okruhu												
1	6051	179,3	7,90	2,0	15 x 1	244,7	0,37	139,50	1932,735	375	2447,24	2447,24
2	12102	358,6	7,90	2,0	18 x 1	213,2	0,48	234,78	1684,596	375	2294,37	4741,61
3	18153	537,9	28,83	4,8	22 x 1	186,1	0,48	563,47	5364,9747	375	6303,44	11045,05
4	36306	1075,7	50,66	12,3	28 x 1,5	294,1	0,60	2256,07	14897,0796	5625	22778,15	33823,20
									+deskový výměník	12933		57856,20
									+ průtokoměr DN20,qv 0,6	11100		

Dimenzování solárního potrubí pro měsíc prosinec - var. I

Q_{min}, 60% solaren

	Q [W]		
	Q _{min} [W]	Q _{stř} [W]	Q _{max} [W]
II	1727	2764	4606

1) volba průtoku: nízký

$$M_1 = 0,024 \text{ kg/s}$$

2) rozdělení na úseky

Data z projektu				Data z tabulek				Vypočteno					
Č.ú.	Q	M	l	Σ ζ	DN	R	v (w)	Z	R.l	Δpv	R.l+Z+Δpv	Δpdis	
	[W]	[kg/h]	[m]	[-]	[D x t]	[Pa/m]	[m/s]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	
Dimenzování základního okruhu													
1	1727	51,2	7,90	2,0	15 x 1	68,0	0,10	10,19	536,884	375	922,07	922,07	
2	3455	102,4	7,90	2,0	18 x 1	59,2	0,13	17,22	467,917	375	860,14	1782,21	
3	5182	153,5	28,83	4,8	22 x 1	38,8	0,14	47,93	1119,1806	375	1542,11	3324,33	
4	10364	307,1	50,66	12,3	28 x 1,5	31,8	0,18	203,05	1610,988	5625	7439,03	10763,36	
											+deskový výměník	3610	16373,4
											+ průtokoměr DN20, qv 0,6	2000	

Q_{stř}, 60% solaren

1) volba průtoku: nízký

$$M_1 = 0,024 \text{ kg/s}$$

2) rozdělení na úseky

Data z projektu				Data z tabulek				Vypočteno				
Č.ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	$\Sigma \zeta$ [-]	DN [D x t]	R [Pa/m]	v (w) [m/s]	Z [Pa]	R.l [Pa]	Δp_v [Pa]	R.l+Z+ Δp_v [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
Dimenzování základního okruhu												
1	2764	81,9	7,90	2,0	15 x 1	108,7	0,16	26,09	858,967	375	1260,05	1260,05
2	5528	163,8	7,90	2,0	18 x 1	94,8	0,21	44,94	748,683	375	1168,62	2428,67
3	8292	245,7	28,83	4,8	22 x 1	60,7	0,21	107,85	1748,8278	375	2231,68	4660,35
4	16583	491,3	50,66	12,3	28 x 1,5	49,7	0,27	456,85	2517,2954	5625	8599,15	13259,50
										+deskový výměník	5771	24230,5
										+ průtokoměr DN20, qv 0,6	5200	

Q_{max} , 60% solaren

1) volba průtoku: nízký

$$M_1 = 0,024 \text{ kg/s}$$

2) rozdělení na úseky

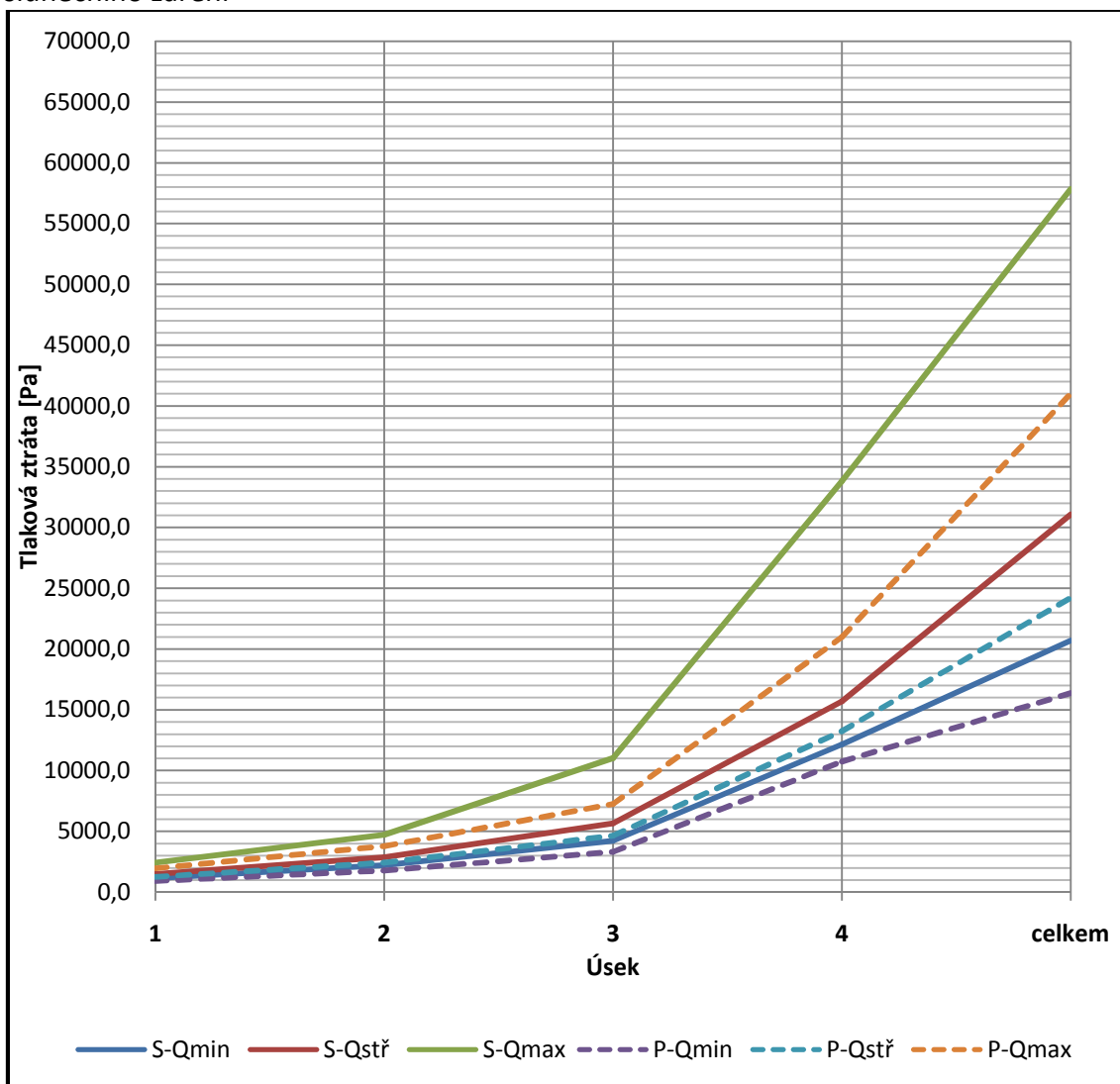
Data z projektu				Data z tabulek				Vypočteno				
Č.ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	$\Sigma \zeta$ [-]	DN [D x t]	R [Pa/m]	v (w) [m/s]	Z [Pa]	R.l [Pa]	Δp_v [Pa]	R.l+Z+ Δp_v [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
Dimenzování základního okruhu												
1	4606	136,5	7,90	2,0	15 x 1	190,3	0,28	79,89	1503,291	375	1958,18	1958,18
2	9213	273,0	7,90	2,0	18 x 1	165,9	0,38	147,14	1310,294	375	1832,44	3790,62
3	13819	409,5	28,83	4,8	22 x 1	97,1	0,34	282,71	2797,9515	375	3455,66	7246,28
4	27638	818,9	50,66	12,3	28 x 1,5	136,3	0,44	1213,26	6905,9712	5625	13744,23	20990,51
									+deskový výměník	9637		41027,51
									+ průtokoměr DN20, qv 0,6	10400		

V této tabulce jsou zobrazeny ztráty jednotlivých úseků a ztráty celkem varianty I., což je průtok 15 l/hod.m²

úsek	Tlaková ztráta Δp_{dis} [Pa]					
	Srpen			Prosinec		
	S-Q _{min}	S-Q _{stř}	S-Q _{max}	P-Q _{min}	P-Q _{stř}	P-Q _{max}
1	1157,3	1489,5	2447,2	922,1	1260,1	1958,2
2	2224,3	2874,7	4741,6	1782,2	2428,7	3790,6
3	4226,5	5666,4	11045,1	3324,3	4660,4	7246,3
4	12168,5	15703,5	33823,2	10763,4	13259,5	20990,5
celkem	20698,5	31073,5	57856,2	16373,4	24230,5	41027,5

6.2 Graf znázorňující tlakové ztráty jednotlivých úseků varianty I.

Při použití teplonosné nemrznoucí směsi Solaren s koncentrací 60% a různé intenzity slunečního záření



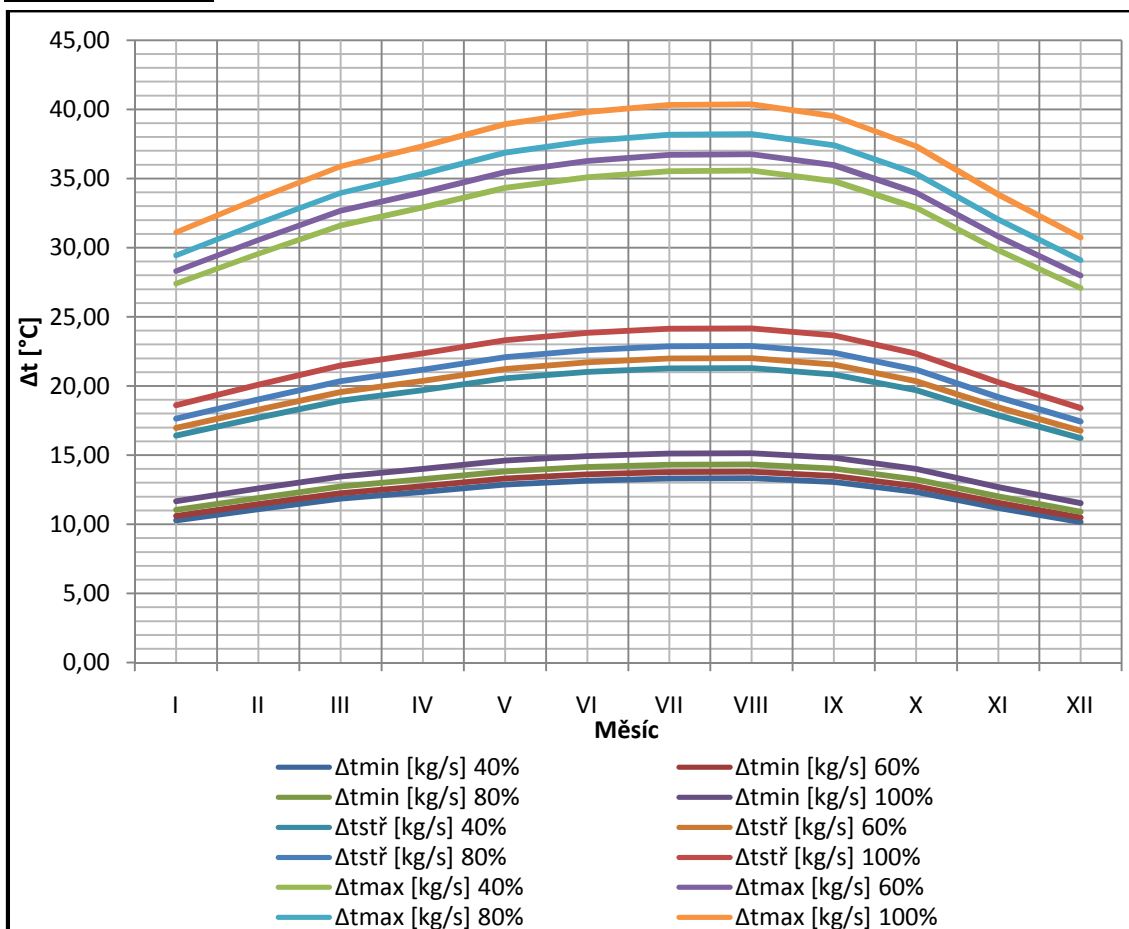
7. Dimenzování solárního potrubí – varianta II.

Teplotní rozdíl Δt ohřátí teplotnosné kapaliny Solaren v závislosti na její koncentraci a sl.záření -
VARIANTA II. - 20 l/hod. m²*5

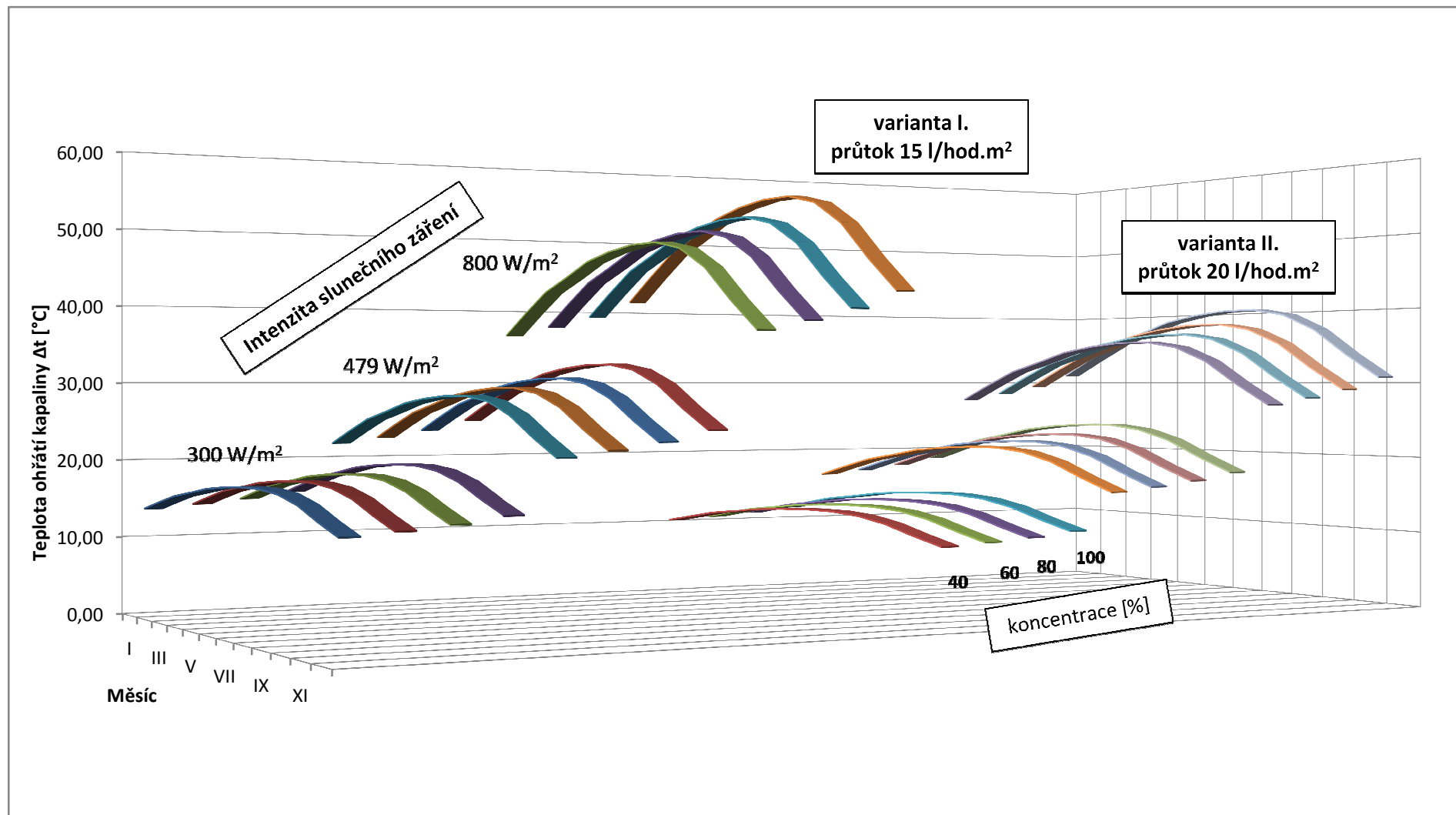
	Δt_{\min} [kg/s]				$\Delta t_{\text{stř}}$ [kg/s]				Δt_{\max} [kg/s]			
	40%	60%	80%	100%	40%	60%	80%	100%	40%	60%	80%	100%
I	10,28	10,62	11,04	11,66	16,41	16,96	17,63	18,62	27,41	28,32	29,45	31,10
II	11,09	11,46	11,92	12,58	17,71	18,30	19,03	20,09	29,58	30,56	31,78	33,56
III	11,86	12,25	12,74	13,45	18,93	19,56	20,34	21,48	31,62	32,67	33,97	35,87
IV	12,35	12,76	13,26	14,01	19,71	20,37	21,18	22,36	32,92	34,02	35,37	37,35
V	12,87	13,30	13,83	14,61	20,56	21,24	22,08	23,32	34,33	35,47	36,88	38,95
VI	13,17	13,60	14,14	14,94	21,02	21,72	22,58	23,85	35,11	36,27	37,72	39,83
VII	13,33	13,78	14,32	15,13	21,29	21,99	22,87	24,15	35,56	36,73	38,20	40,34
VIII	13,35	13,79	14,34	15,14	21,31	22,02	22,89	24,18	35,59	36,77	38,23	40,38
IX	13,06	13,50	14,03	14,82	20,86	21,55	22,41	23,66	34,83	35,99	37,42	39,52
X	12,34	12,75	13,26	14,00	19,70	20,36	21,17	22,35	32,91	34,00	35,35	37,33
XI	11,19	11,56	12,02	12,69	17,86	18,45	19,19	20,26	29,83	30,82	32,05	33,84
XII	10,16	10,50	10,91	11,53	16,22	16,76	17,43	18,40	27,09	27,99	29,11	30,74

7.1 Graf ohřátí teplotnosné kapaliny v závislosti na Int.sl.záření a koncentraci

Solarenu - var.II



7.2 Graf znázorňující ohřev teplotné kapaliny o Δt obou řešených variant



Dimenzování solárního potrubí pro měsíc srpen - var. II

Q_{min}, 60% solaren

	Q [W]		
	Q _{min} [W]	Q _{stř} [W]	Q _{max} [W]
VIII	2269	3623	6051

1) volba průtoku: vyšší - 20l/hod.m²

$$M_1 = 0,042 \text{ kg/s}$$

2) rozdělení na úseky

Data z projektu				Data z tabulek				Vypočteno				
Č.ú.	Q	M	l	Σ ζ	DN	R	v (w)	Z	R.l	Δpv	R.l+Z+Δpv	Δpdis
	[W]	[kg/h]	[m]	[-]	[D x t]	[Pa/m]	[m/s]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
Dimenzování základního okruhu												
1	2269	100,9	7,90	2,0	15 x 1	135,9	0,2	40,76	1073,768	375	1489,53	1489,53
2	4538	201,7	7,90	2,0	18 x 1	118,5	0,27	74,29	935,913	375	1385,20	2874,73
3	6807	302,6	28,83	4,8	22 x 1	77,6	0,27	178,28	2238,3612	375	2791,65	5666,37
4	13615	605,1	50,66	12,3	28 x 1,5	71,9	0,35	767,69	3644,4804	5625	10037,17	15703,54
										+deskový výměník	7110	30613,541
										+ průtokoměr DN20, qv 0,6	7800	

Q_{stř}, 60% solaren

1) volba průtoku: vyšší - 20l/hod.m²

$$M_1 = 0,042 \text{ kg/s}$$

2) rozdělení na úseky

Data z projektu				Data z tabulek				Vypočteno				
Č.ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	$\Sigma \zeta$ [-]	DN [D x t]	R [Pa/m]	v (w) [m/s]	Z [Pa]	R.l [Pa]	Δp_v [Pa]	R.l+Z+ Δp_v [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
Dimenzování základního okruhu												
1	3623	161,0	7,90	2,0	15 x 1	217,5	0,33	110,97	1718,013	375	2203,98	2203,98
2	7246	322,1	7,90	2,0	18 x 1	189,6	0,43	188,41	1497,445	375	2060,86	4264,84
3	10869	483,1	28,83	4,8	22 x 1	137,6	0,43	452,19	3967,2963	375	4794,49	9059,33
4	21738	966,2	50,66	12,3	28 x 1,5	249,8	0,55	1895,72	12655,3746	5625	20176,10	29235,42
									+deskový výměník	11370		51705,425
									+ průtokoměr DN20	11100		

Q_{max}, 60% solaren

1) volba průtoku: vyšší - 20l/hod.m²

$$M_1 = 0,042 \text{ kg/s}$$

2) rozdělení na úseky

Data z projektu				Data z tabulek				Vypočteno				
Č.ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	Σ ζ [-]	DN [D x t]	R [Pa/m]	v (w) [m/s]	Z [Pa]	R.l [Pa]	Δpv [Pa]	R.l+Z+Δpv [Pa]	Δpdis [Pa]
Dimenzování základního okruhu												
1	6051	268,9	7,90	2,0	15 x 1	339,8	0,51	265,04	2684,42	375	3324,46	3324,46
2	12102	537,9	7,90	2,0	18 x 1	488,8	0,67	457,43	3861,362	375	4693,79	8018,25
3	18153	806,8	28,83	4,8	22 x 1	488,7	0,69	1164,35	14088,9327	375	15628,28	23646,54
4	36306	1613,6	50,66	12,3	28 x 1,5	560,2	0,88	4853,05	28380,7452	5625	38858,79	62505,33
									+deskový výměník	21150		115655,33
									+ průtokoměr DN20, qv 0,6	32000		

Dimenzování solárního potrubí pro měsíc prosinec - var. II

Q_{min}, 60% solaren

	Q [W]		
	Q _{min} [W]	Q _{stř} [W]	Q _{max} [W]
II	1727	2764	4606

1) volba průtoku: vyšší - 20l/hod.m²

$$M_1 = 0,032 \text{ kg/s}$$

2) rozdělení na úseky

Data z projektu				Data z tabulek				Vypočteno				
Č.ú.	Q	M	l	Σ ζ	DN	R	v (w)	Z	R.l	Δpv	R.l+Z+Δpv	Δpdis
	[W]	[kg/h]	[m]	[-]	[D x t]	[Pa/m]	[m/s]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
Dimenzování základního okruhu												
1	1727	76,8	7,90	2,0	15 x 1	108,7	0,16	26,09	858,967	375	1260,05	1260,05
2	3455	153,5	7,90	2,0	18 x 1	94,8	0,21	44,94	748,683	375	1168,62	2428,67
3	5182	230,3	28,83	4,8	22 x 1	60,7	0,21	107,85	1748,8278	375	2231,68	4660,35
4	10364	460,6	50,66	12,3	28 x 1,5	44,7	0,25	391,68	2265,5152	5625	8282,19	12942,55
									+deskový výměník	5410		23452,5
									+ průtokoměr DN20, qv 0,6	5100		

Q_{stř}, 60% solaren

1) volba průtoku: vyšší - 20l/hod.m²

$$M_1 = 0,032 \text{ kg/s}$$

2) rozdělení na úseky

Data z projektu				Data z tabulek				Vypočteno				
Č.ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	$\Sigma \zeta$ [-]	DN [D x t]	R [Pa/m]	v (w) [m/s]	Z [Pa]	R.l [Pa]	Δp_v [Pa]	R.l+Z+ Δp_v [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
Dimenzování základního okruhu												
1	2764	122,8	7,90	2,0	15 x 1	169,9	0,25	63,69	1342,21	375	1780,90	1780,90
2	5528	245,7	7,90	2,0	18 x 1	148,1	0,34	117,80	1169,911	375	1662,71	3443,60
3	8292	368,5	28,83	4,8	22 x 1	87,3	0,31	235,02	2518,0122	375	3128,03	6571,64
4	16583	737,0	50,66	12,3	28 x 1,5	98,9	0,39	953,19	5010,274	5625	11588,46	18160,10
										+deskový výměník	8670	33630,1
										+ průtokoměr DN20, qv 0,6	6800	

Q_{max} 60% solaren

1) volba průtoku: vyšší - 20l/hod.m²

$$M_1 = 0,032 \text{ kg/s}$$

2) rozdělení na úseky

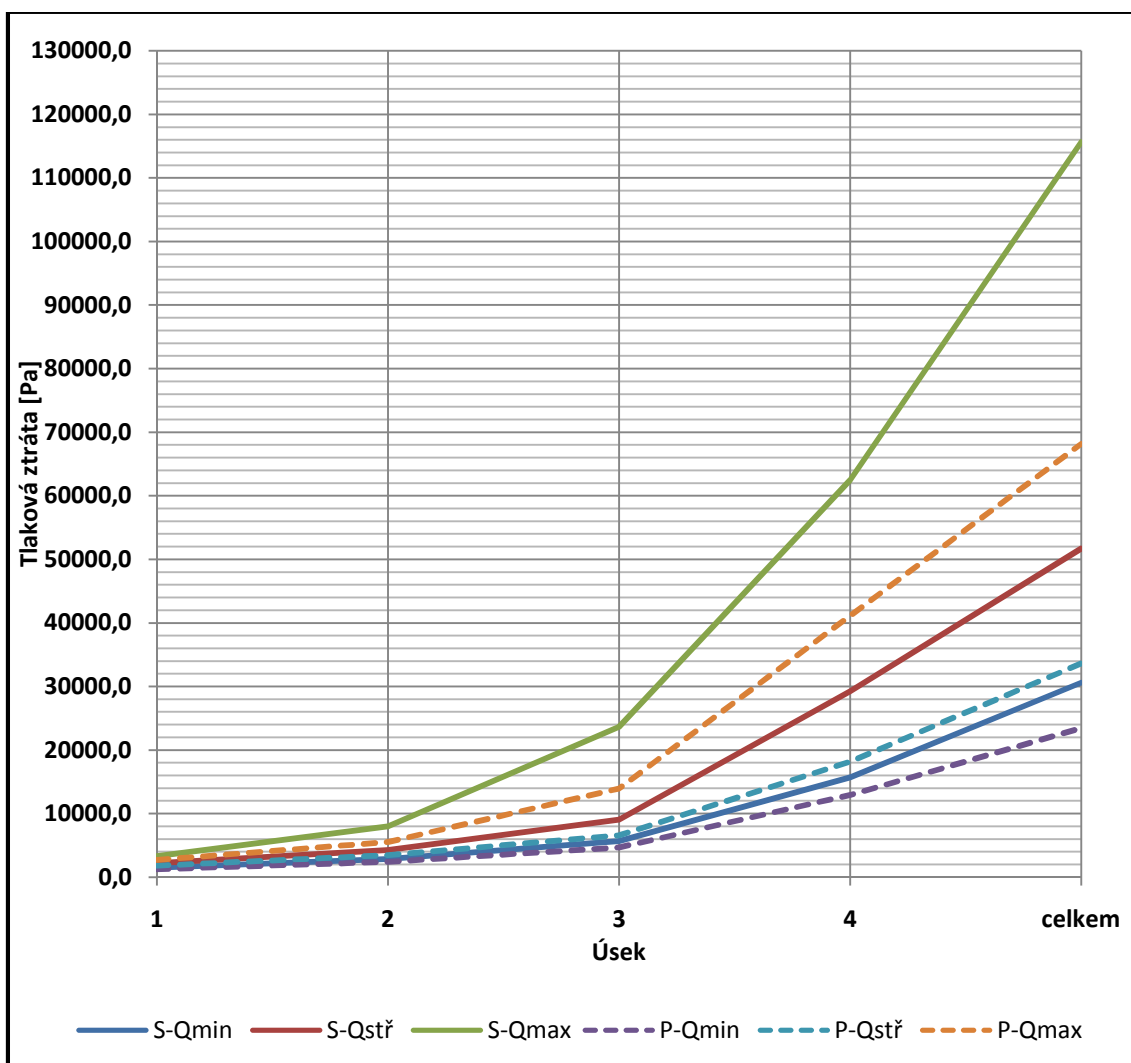
Data z projektu				Data z tabulek				Vypočteno				
Č.ú.	Q	M	l	Σ ζ	DN	R	v (w)	Z	R.l	Δpv	R.l+Z+Δpv	Δpdis
	[W]	[kg/h]	[m]	[-]	[D x t]	[Pa/m]	[m/s]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
Dimenzování základního okruhu												
1	4606	204,7	7,90	2,0	15 x 1	271,8	0,41	171,29	2147,536	375	2693,83	2693,83
2	9213	409,5	7,90	2,0	18 x 1	268,9	0,54	297,14	2123,915	375	2796,06	5489,89
3	13819	614,2	28,83	4,8	22 x 1	255,4	0,54	713,14	7363,4703	375	8451,61	13941,49
4	27638	1228,4	50,66	12,3	28 x 1,5	366,2	0,69	2983,65	18549,6656	5625	27158,31	41099,81
										+deskový výměník	15250	
										+ průtokoměr DN20, qv 0,6	11800	
											68149,81	

V této tabulce jsou zobrazeny ztráty jednotlivých úseků a ztráty celkem varianty II., což je vyšší průtok 20 l/hod.m²

úsek	Tlaková ztráta Δp_{dis} [Pa]					
	Srpen			Prosinec		
	S-Q _{min}	S-Q _{stř}	S-Q _{max}	P-Q _{min}	P-Q _{stř}	P-Q _{max}
1	1489,5	2204,0	3324,5	1260,1	1780,9	2693,8
2	2874,7	4264,8	8018,3	2428,7	3443,6	5489,9
3	5666,4	9059,3	23646,5	4660,4	6571,6	13941,5
4	15703,5	29235,4	62505,3	12942,5	18160,1	41099,8
celkem	30613,5	51705,4	115655,3	23452,5	33630,1	68149,8

7.3 Graf znázorňující tlakové ztráty jednotlivých úseků varianty II.

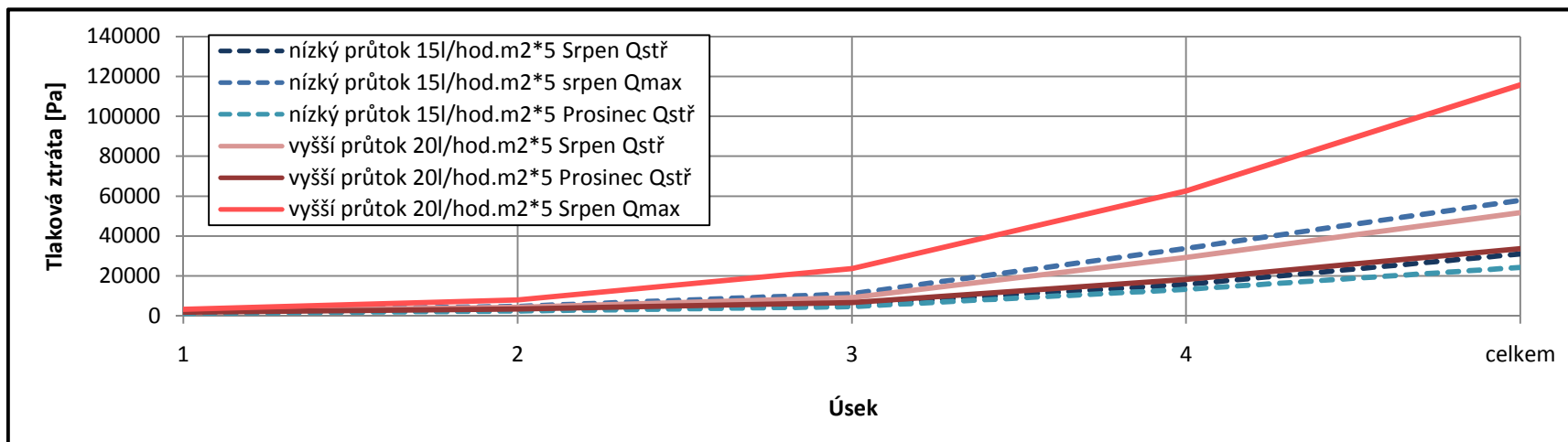
Při použití teplonosné nemrzoucí směsi Solaren s koncentrací 60% a různé intenzity slunečního záření



8. Srovnání tlakových ztrát potrubní sítě solárního okruhu I. a II. varianty

Srovnání tlakových ztrát při různém průtoku v solárním okruhu

Tlaková ztráta Δp_{dis} [Pa]												
nízký průtok 15l/hod.m ² *5						vyšší průtok 20l/hod.m ² *5						
Srpen			Prosinec			Srpen			Prosinec			
úsek	Q_{min}	$Q_{stř}$	Q_{max}	Q_{min}	$Q_{stř}$	Q_{max}	Q_{min}	$Q_{stř}$	Q_{max}	Q_{min}	$Q_{stř}$	Q_{max}
1	1157	1490	2447	922	1260	1958	1490	2204	3324	1260	1781	2694
2	2224	2875	4742	1782	2429	3791	2875	4265	8018	2429	3444	5490
3	4226	5666	11045	3324	4660	7246	5666	9059	23647	4660	6572	13941
4	12169	15704	33823	10763	13260	20991	15704	29235	62505	12943	18160	41100
celkem	20699	31074	57856	16373	24231	41028	30614	51705	115655	23453	33630	68150

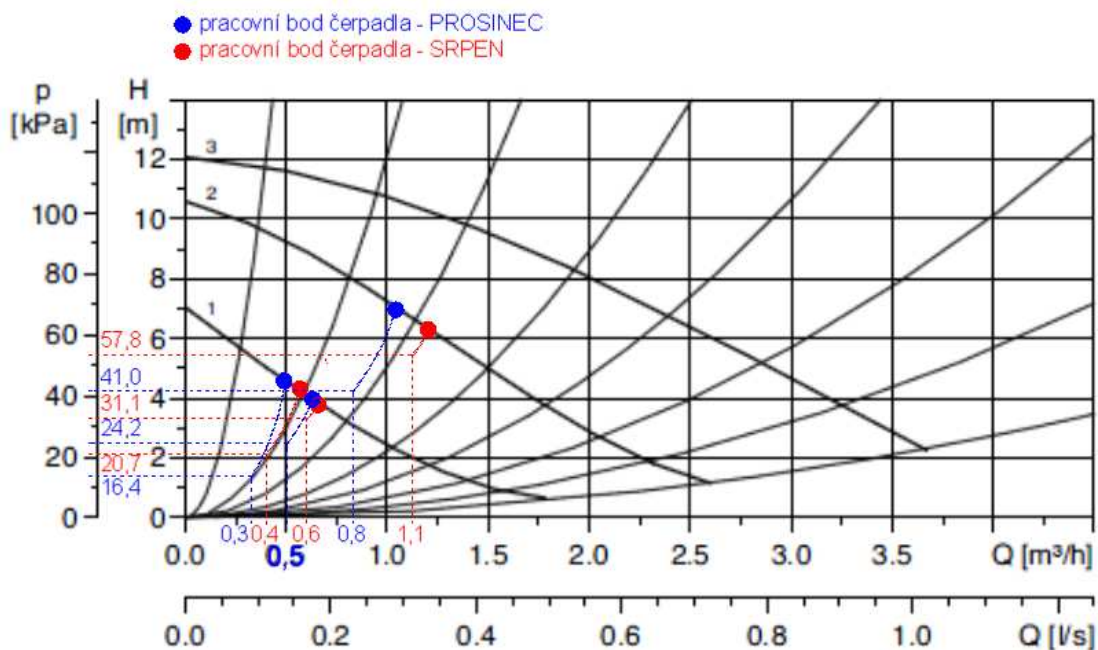


Z grafu je patrné, že při vyšším průtoku (20 l/hod.m²*5) jsou mnohem vyšší rozdíly tlakových ztrát, které navržené čerpadlo musí překonat.

9. Návrh oběhových čerpadel

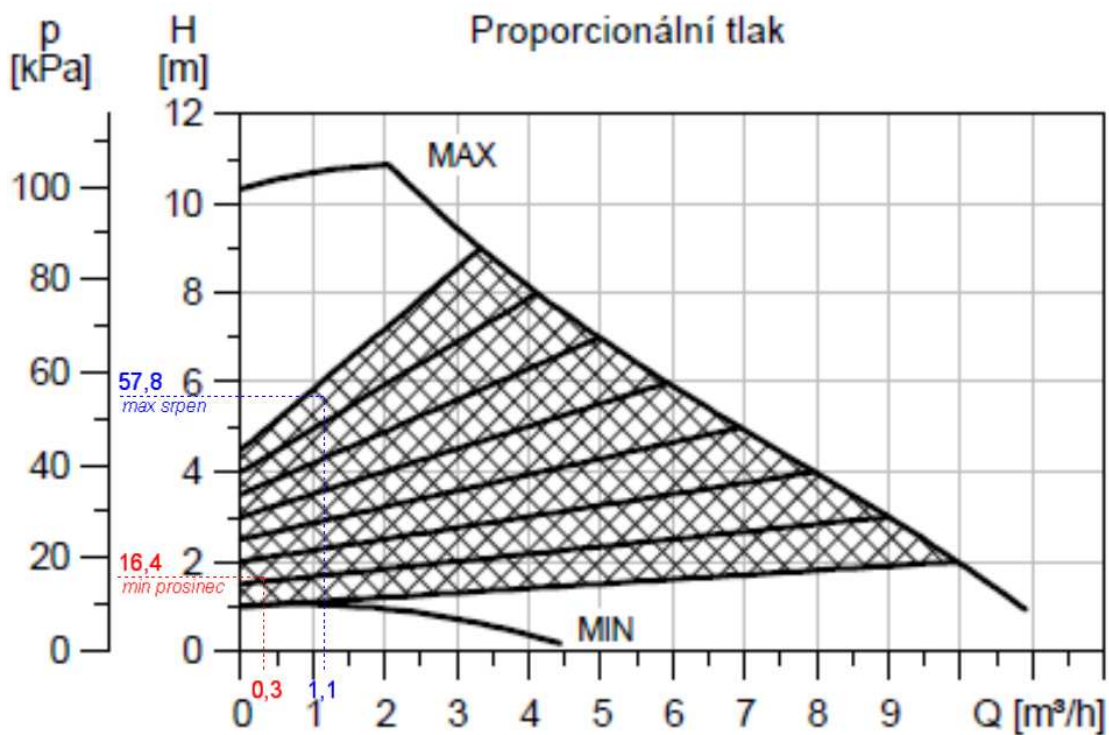
9.1 Návrh oběhového čerpadla pro primární okruh - solární, varianta I.

UPS 25-120



Při návrhu tohoto čerpadla (UPS 25-120) vychází pro různé průtoky teponosné kapaliny jiné pracovní body čerpadla a tím i jiné otáčky čerpadla. Proto není zcela vhodné a je zvoleno elektronicky řízené čerpadlo, které se v závislosti na aktuálním průtoku přizpůsobuje.

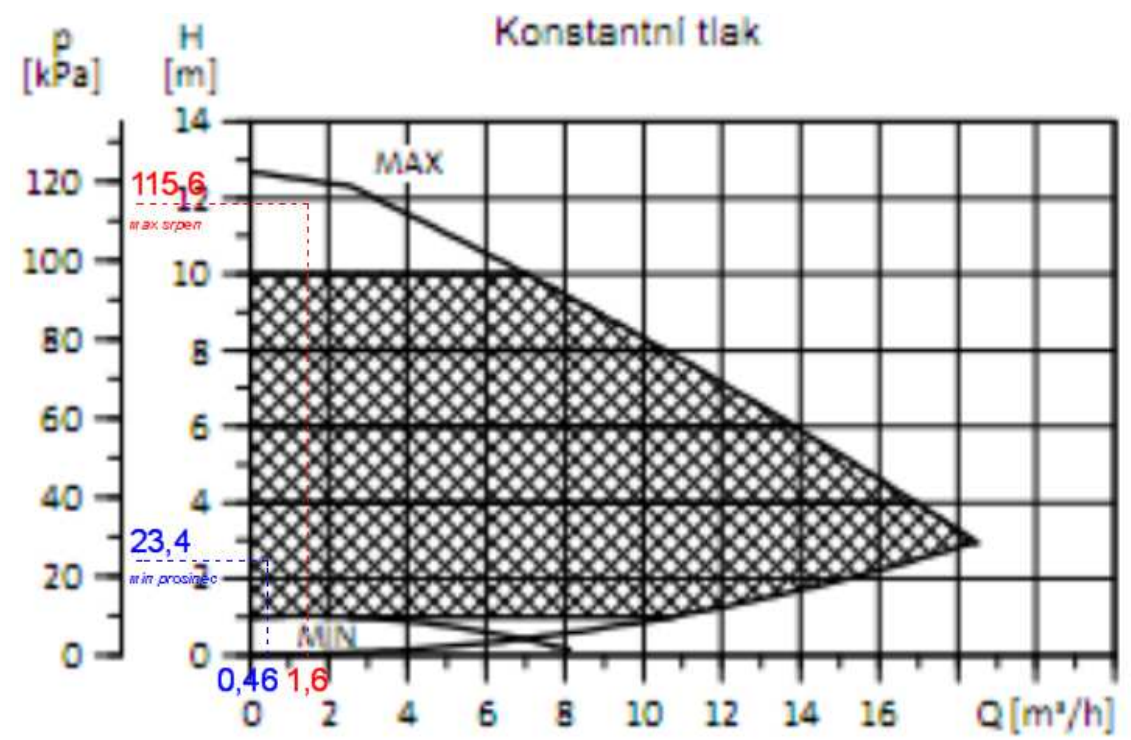
Při návrhu tohoto typu čerpadla by se jeho otáčky musely buď přepínat ručně, nebo s pomocí frekvenčního měniče.



Jako oběhové čerpadlo pro solární systém první varianty je tedy lepší použít elektronicky řízené čerpadlo, např. Magna 25-100, které obsahuje funkci AUTOAdapt, která hledá neoptimálnější nastavení otáček čerpadla podle aktuální změny průtoku teplotnosné kapaliny, čímž je dosahováno větších úspor elektrické energie. Toto elektronicky řízené čerpadlo si samo analyzuje daný stav tak, aby dosahovalo co nejvyššího výkonu a při co nejnižší spotřebě elektrické energie.

9.2 Návrh oběhového čerpadla pro primární okruh - solární, varianta II.

MAGNA 32-120



Pro vyšší průtok teplotné kapaliny nebylo nalezeno vhodné elektronicky řízené čerpadlo takového typu, které by překonalo tak vysoký rozdíl tlakových ztrát. Proto je vhodnější pro takto velkou absorpční plochu solárních kolektorů volit buď menší hodnotu průtoku než tuto navrženou u varianty II (20 l/hod.m²), pak by bylo možné navrhnout oběhového čerpadlo jako pro variantu I., nebo zde naopak použít čerpadlo s přepínačem otáček, např. UPS

UPS 40-185

Zdvojená čerpadla



Z důvodu nenalezení dostatečně vhodného jednoduchého oběhového čerpadla pro překonání velkého tlakového rozdílu bylo pro solární okruh II. varianty řešení navrženo zdvojené oběhové čerpadlo s přepínačem otáček UPS 40-185. Nutno použít frekvenční měnič.

10. Zhodnocení variant průtoků z hlediska tlakových ztrát

Zhodnocení obou variant průtoků z hlediska tlakových ztrát

Při návrhu solární soustavy byly použity 2 varianty řešení.

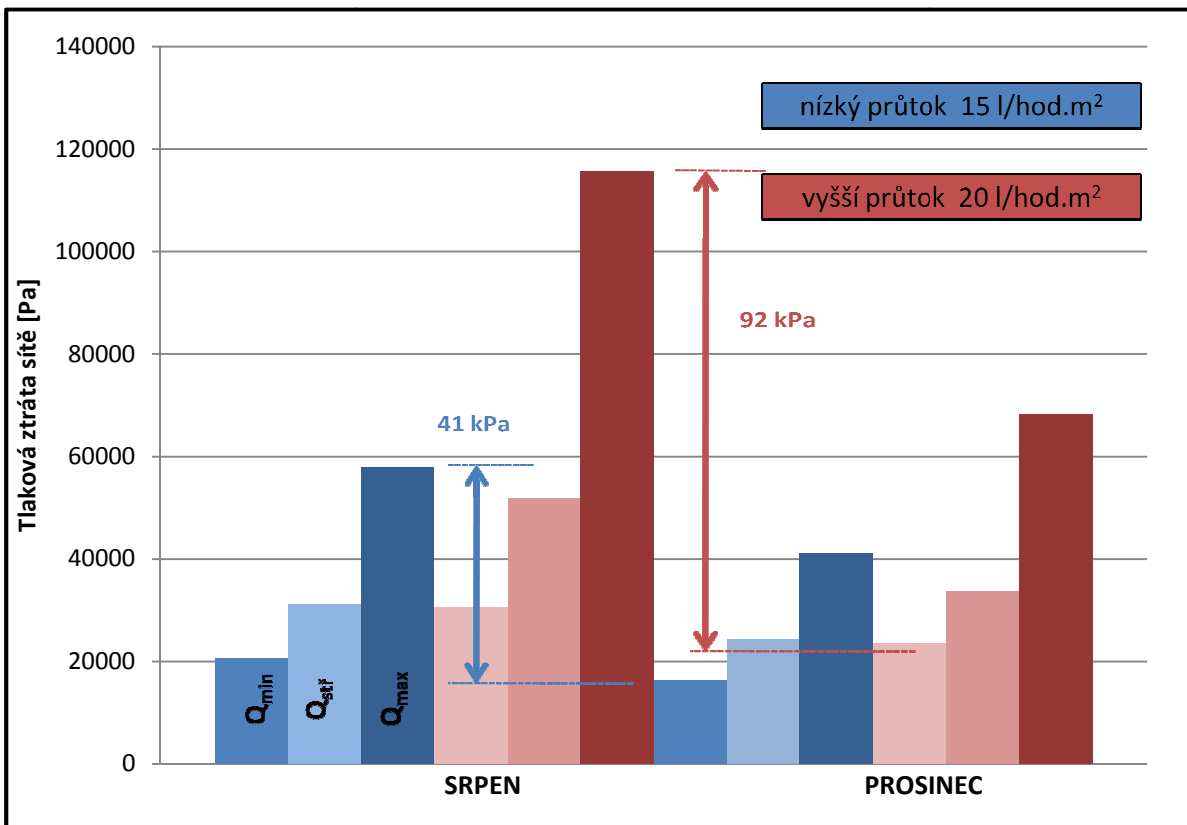
1. varianta - nízký průtok 15 l/hod.m²
2. varianta - vyšší průtok 20 l/hod.m²

Pro dimenzování potrubí byly použity stejné dimenze měděného potrubí, aby bylo možno zhodnotit a porovnat tlakové ztráty obou dvou variant řešení. Z řešení je patrné, že pro nižší průtok by vycházely průměry potrubí menší, než u průtoku vyššího, s čímž jsou spojeny i nižší tepelné ztráty. Tlakové ztráty nízkého průtoku jsou nižší a tím jsou menší potřeby výkonů oběhových čerpadel. U nízkého průtoku vycházely větší teplotní rozdíly ohřátí teplotnosné kapaliny a bylo využito stratifikace v zásobníku.

Rozdíl mezi maximální a minimální tlakovou ztrátou u vyššího průtoku se pohybuje na hodnotě 92 kPa, kdežto u nízkého průtoku je rozdíl 41 kPa.

Při průzkumu trhu nebylo nalezeno dostatečně vyhovující elektronicky řízené oběhové čerpadlo pro vyšší průtok, které by zvládlo překonat celé rozhraní tlakových ztrát. Kdyby bylo použito čerpadlo typu MAGNA 32-100, tak by dokázalo pracovat pouze na maximálním rozhraní, což je přibližně 98 kPa. Proto bylo navrženo zdvojené oběhové čerpadlo s přepínačem otáček typu UPS 40-185.

10.1 Graf srovnání tlakových ztrát obou variant průtoků



11. Návrh zabezpečovacího zařízení solárního systému

11.1 Návrh expanzní nádoby

Objem vody v soustavě :

V_z ... v zařízení :	4,4 l	$p_e =$	495 kPa	$h_s =$	26,02 m
$V_s = \pi \cdot r^2 \cdot l$, $l = 95,29$ m	96,94 l	$p_d =$	30 kPa	$\beta =$	0,1
$V_k =$	51 l	$p_o =$	290 kPa		
Celkový objem v soustavě V :	152,34 l	$p_{ot} =$	550 kPa		

$$\text{Objem expanzní nádoby} = (V_s + V \cdot \beta + V_k) \cdot ((p_e + 100) / (p_e - p_o)) = \underline{\underline{473,9 \text{ l}}}$$

V_s, \dots objem vody v soustavě [l]

V_k, \dots objem vody v kolektorech [l]

p_e, \dots max provozní tlak [kPa]

p_d, \dots minimální provozní tlak v nejvyšším místě [kPa]

p_o, \dots minimální provozní tlak soustavy - plnicí tlak [kPa]

p_{ot}, \dots otevírací přetlak [kPa]

h_s, \dots výška od neutrální roviny po odvzd. ventil kolektoru [m]

β, \dots součinitel objemové roztažnosti, pro **propylenglykol** = 0,1 [-]

$$p_e = 0,9 \cdot p_{ot}, \text{ pro } p_{ot} > 300 \text{ kPa}$$

$$p_d = \min 20 \sim 150 \text{ kPa}$$

$$p_o = h_s \cdot \rho \cdot g + p_d$$

$$p_{ot} < p_k, \text{ obvykle } 300 \sim 600 \text{ kPa}$$

	h_{MR} [m]	ρ [kg/m ³]	g [m/s]	Δp_z [kPa]
oběhové čerpadlo	-0,34	1027	$9,81 \cdot 10^{-3}$	40,3
expanzní nádoba	-1,5	1027	$9,81 \cdot 10^{-3}$	40,3
solární kolektor	26,02	1027	$9,81 \cdot 10^{-4}$	0

	p_k [kPa]	p_{hdov} [kPa]	p_{hdov} [kPa]
oběhové čerpadlo	600	596,5745	
expanzní nádoba	600	584,8877	550
solární kolektor	1000	1262,148	

Návrh : **Expanzní nádoba reflex S, objem 500 l.**

Průměr expanzního potrubí:

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot Q_p^{0,5}$$

$$d_v = \underline{\underline{13,6 \text{ mm}}}$$

Návrh : **Expanzní potrubí 15 x 1.**

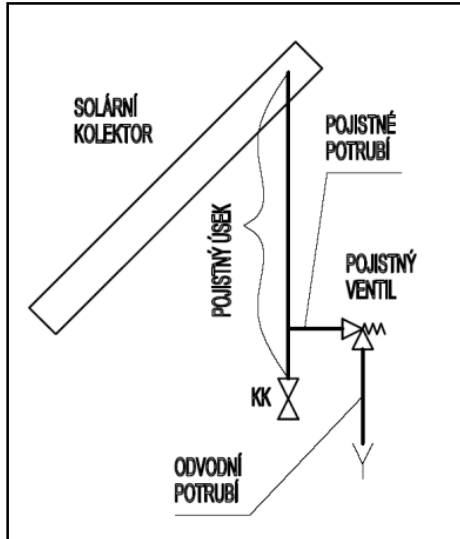
11.2 Návrh pojistného ventilu

$$\begin{aligned} Q_p &= 36306 \text{ W} \\ a_v &= 0,5 \\ K &= 1,965 \text{ kW/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Průtočný průřez sedla} \quad S_o &= Q_p / (a_v * K) = \mathbf{36,95 \text{ mm}^2} \\ \text{Průměr sedla} \quad d_i &= \sqrt{S_o / \pi} = \mathbf{6,9 \text{ mm}} \\ \text{Průměr sedla skutečného ventilu} \quad d_o &= a * d_i = \mathbf{9,6 \text{ mm}} \\ \text{Výstupní pojistné potrubí} \quad d_p &= 15 + 1,4 * \mathbf{23,4 \text{ mm}} = \mathbf{25 \times 1} \\ Q_p^{0,5} &= \end{aligned}$$

Q_p špičkový výkon kolektorového pole [kW]
 K konstanta syté vodní páry [kW/mm²]
 a součinitel zvětšení sedla, pro $a_v=0,5$ $a = 1,4$

Návrh : PV DN 25 (průměr sedla 20 mm), 3/4" x 1. Otevírací přetlak 550 kPa.



Umístění pojistného ventilu [18]

12. Návrh velikosti sběrné nádoby v solárním okruhu

Návrh velikosti sběrné nádoby v solárním okruhu

Objem teplotnosné kapaliny v solárním okruhu je = 152,3 l

Pro možné vypouštění systému navrhuji velikost sběrné nádoby s předpokladem, že teplotnosná kapalina v kolektorech nebude zcela vypuštěna. Návrh sběrné nádoby bude pro objem 150 l. Na trhu však byla nalezena nádoba o objemu 220 l, což nad míru postačuje.



Návrh :

Antistatická plastová nádoba se šroubovaným víkem, objem 220 litrů.

13. Návrh deskového výměníku

Tlakové ztráty deskového výměníku

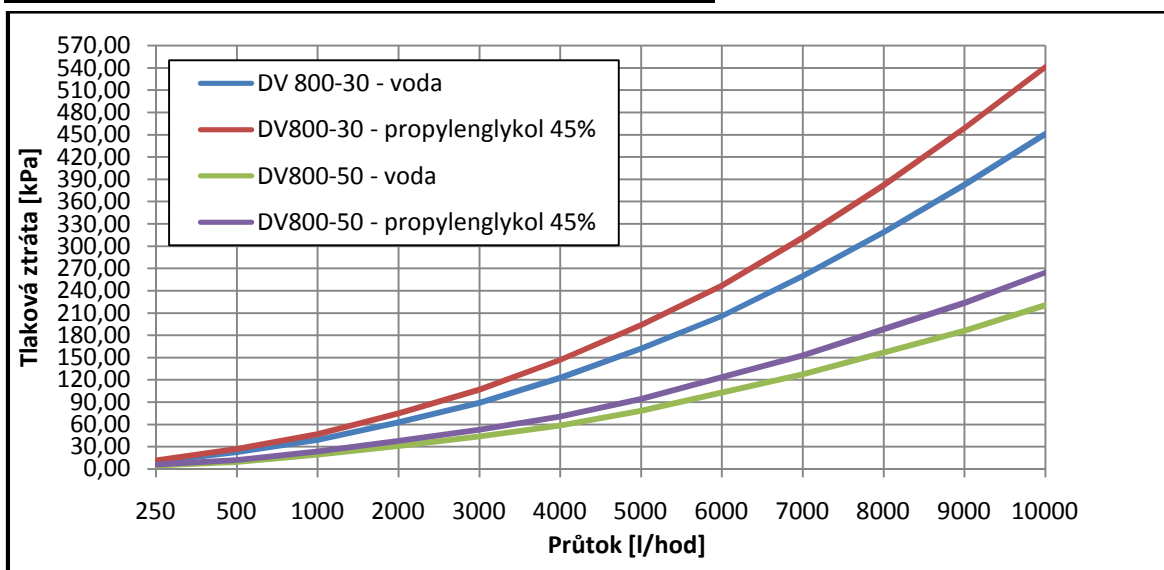
Tlakové ztráty jsou jak na straně solárního systému, tak i na straně pitné vody. Každá tato ztráta je jiná a pro výpočet hydrauliky solárního systému postačí tlakové ztráty na straně solárního systému.

Byl vybrán výrobce Regulus, kdy pro návrh deskového výměníku o absorpční ploše 66 m² technický odborník doporučil výměník DV 800-30, který bohatě postačí do celkové absorpční plochy kolektorů o výměře 88 m². Jeho teplosměnná plocha je ověřena dále.

Tlakové ztráty [kPa]

průtok [l/hod]	DV800-30		DV800-50	
	voda	prop.gl.	voda	prop.gl.
250	2,45	2,94	1,18	1,41
500	4,90	5,88	2,45	2,94
1000	9,81	11,77	4,90	5,88
2000	22,56	27,07	9,81	11,77
3000	39,23	47,07	19,61	23,54
4000	62,76	75,32	31,38	37,66
5000	89,24	107,09	44,13	52,96
6000	122,58	147,10	58,84	70,61
7000	161,81	194,17	78,45	94,14
8000	205,94	247,13	102,97	123,56
9000	259,88	311,85	127,49	152,98
10000	318,72	382,46	156,91	188,29
11000	382,46	458,95	186,33	223,59
12000	451,11	541,33	220,65	264,78

13.1 Graf tlakových ztrát deskového výměníku DV800



13.2 Ověření teplosměnné plochy deskového výměníku v letním období

Tepelný výkon výměníku:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta t_m = \quad \underline{\underline{43,627 \text{ kW}}}$$

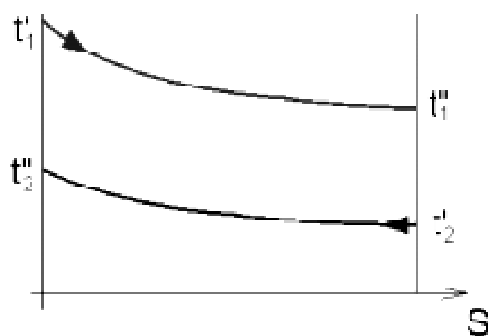
U.....	součinitel prostupu tepla výměníku [W/(m ² .K)]	U= 2100 W/(m ² .K)
A.....	přestupní plocha výměníku [m ²]	A= 4,8 m ²
Δt_m ...	střední logaritmický rozdíl teplot [K]	$\Delta t_m = 4,33 \text{ }^\circ\text{C}$

Střední logaritmický rozdíl teplot:

$$\Delta t_m = (\Delta t_1 - \Delta t_{II}) / (\ln(\Delta t_1 / \Delta t_{II})) = (2 - 8) / (\ln(2/8)) = \quad \underline{\underline{4,33 \text{ }^\circ\text{C}}}$$

Protiproudý výměník [19]

Byly vybrány maximální teploty z měření na panelovém domě v Orlové za sledovaný rok.



$$\begin{aligned} t'_1 &= 87 \text{ }^\circ\text{C} \\ t''_1 &= 76 \text{ }^\circ\text{C} \\ t'_2 &= 74 \text{ }^\circ\text{C} \\ t''_2 &= 79 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\Delta t_1 = 2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{II} = 8 \text{ }^\circ\text{C}$$

- t'_1..... teplota ohřívající teplotonosné kapaliny na vstupu do výměníku*
- t''_1..... teplota ohřívající teplotonosné kapaliny na výstupu z výměníku*
- t'_2..... teplota ohřívané teplotonosné kapaliny na vstupu do výměníku*
- t''_2..... teplota ohřívané teplotonosné kapaliny na výstupu z výměníku*

Dle výpočtu vyšel tepelný výkon výměníku 43,627 kW a tento výměník postačuje pro návrh na bytový dům v Orlové, kde maximální přenášený výkon z kolektorů byl ve sledovaném roce naměřen na hodnotě 36,306 kW.

13.3 Ověření teplosměnné plochy deskového výměníku v zimním období

Tepelný výkon výměníku:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta t_m = \quad \quad \quad \mathbf{29,085 \text{ kW}}$$

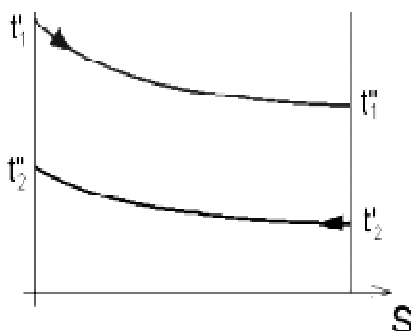
U	<i>součinitel prostupu tepla výměníku</i> [W/(m ² .K)]	$U = 2100 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$
A	<i>přestupní plocha výměníku [m²]</i>	$A = 4,8 \text{ m}^2$
Δt_m ...	<i>střední logaritmický rozdíl teplot [K]</i>	$\Delta t_m = 2,89 \text{ }^\circ\text{C}$

Střední logaritmický rozdíl teplot:

$$\Delta t_m = (\Delta t_I - \Delta t_{II}) / (\ln(\Delta t_I / \Delta t_{II})) = (2 - 8) / (\ln(2/8)) = \quad \quad \quad \mathbf{2,89 \text{ }^\circ\text{C}}$$

Protiproudý výměník [19]

Byly vybrány teploty z měření na panelovém domě v Orlové za sledovaný rok.



$t'_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
$t''_1 = 19 \text{ }^\circ\text{C}$
$t'_2 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$
$t''_2 = 18 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\Delta t_I = 4 \text{ }^\circ\text{C}$$
$$\Delta t_{II} = 2 \text{ }^\circ\text{C}$$

- t'_1 *teplota ohřívající teplotnosné kapaliny na vstupu do výměníku*
- t''_1 *teplota ohřívající teplotnosné kapaliny na výstupu z výměníku*
- t'_2 *teplota ohřívávané teplotnosné kapaliny na vstupu do výměníku*
- t''_2 *teplota ohřívávané teplotnosné kapaliny na výstupu z výměníku*

Jelikož výměník vyhověl v letním období, vyhověl i v zimním období. Tento výpočet je potřeba pro ověření teploty v technické místnosti solárního systému v zimním období.

14. Návrh tloušťky izolací solárního systému

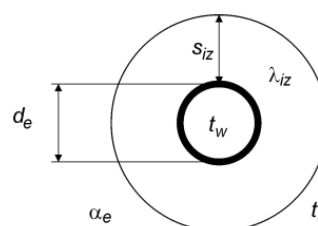
Návrh tloušťky izolací solární soustavy

Návrh je proveden dle vyhlášky č. 193/2007 Sb.

Vyhláška stanovuje minimální požadovaný součinitel prostupu tepla U [W/(m.K)] pro různé rozsahy světlosti potrubí.

Minimální **součinitel prostupu tepla U** z teplotné látky izolací potrubí do okolí:

$$U = \frac{\pi}{\frac{1}{2\lambda_{iz}} \ln\left(\frac{d_e + 2 \cdot s_{iz}}{d_e}\right) + \frac{1}{\alpha_e} \cdot \frac{1}{(d_e + 2 \cdot s_{iz})}}$$



λ_{iz} tepelná vodivost izolace [W/(m.K)]

d_e vnější průměr potrubí [m]

s_{iz} tloušťka tepelné izolace [m]

α_e součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu tepelné izolace [W/(m².K)]

$U \leq U_{o,vyhl}$ [W/(m.K)] $U_{o,vyhl}$... Určující součinitel prostupu tepla vztažený na jednotku délky potrubí, dle Vyhl. č. 193/2007 Sb.

[D x t]	λ_{iz} [W/(m.K)]	d_e [m]	s_{iz} [m]	α_e [W/(m ² .K)]	U [W/(m.K)]	$U_{o,vyhl}$ [W/(m.K)]	splnění požadavku
15 x 1	0,045	0,015	0,04	15	0,148	0,150	✓
18 x 1	0,045	0,018	0,05	15	0,146	0,150	✓
22 x 1	0,045	0,022	0,05	15	0,160	0,180	✓
28 x 1,5	0,045	0,028	0,05	15	0,180	0,180	✓

Návrh izolace: **Tepelná izolace ORSTECH LSP H, v tloušťkách 40 a 50 mm**

Nutno použít ochranný obal, např. **hliníkovou fólii**, která zaručuje mechanickou odolnost a ochranu proti UV záření.

15. Návrh řešení dilatací a upevnění potrubí

Řešení dilatací a upevnění potrubí ve stoupačce solárního okruhu

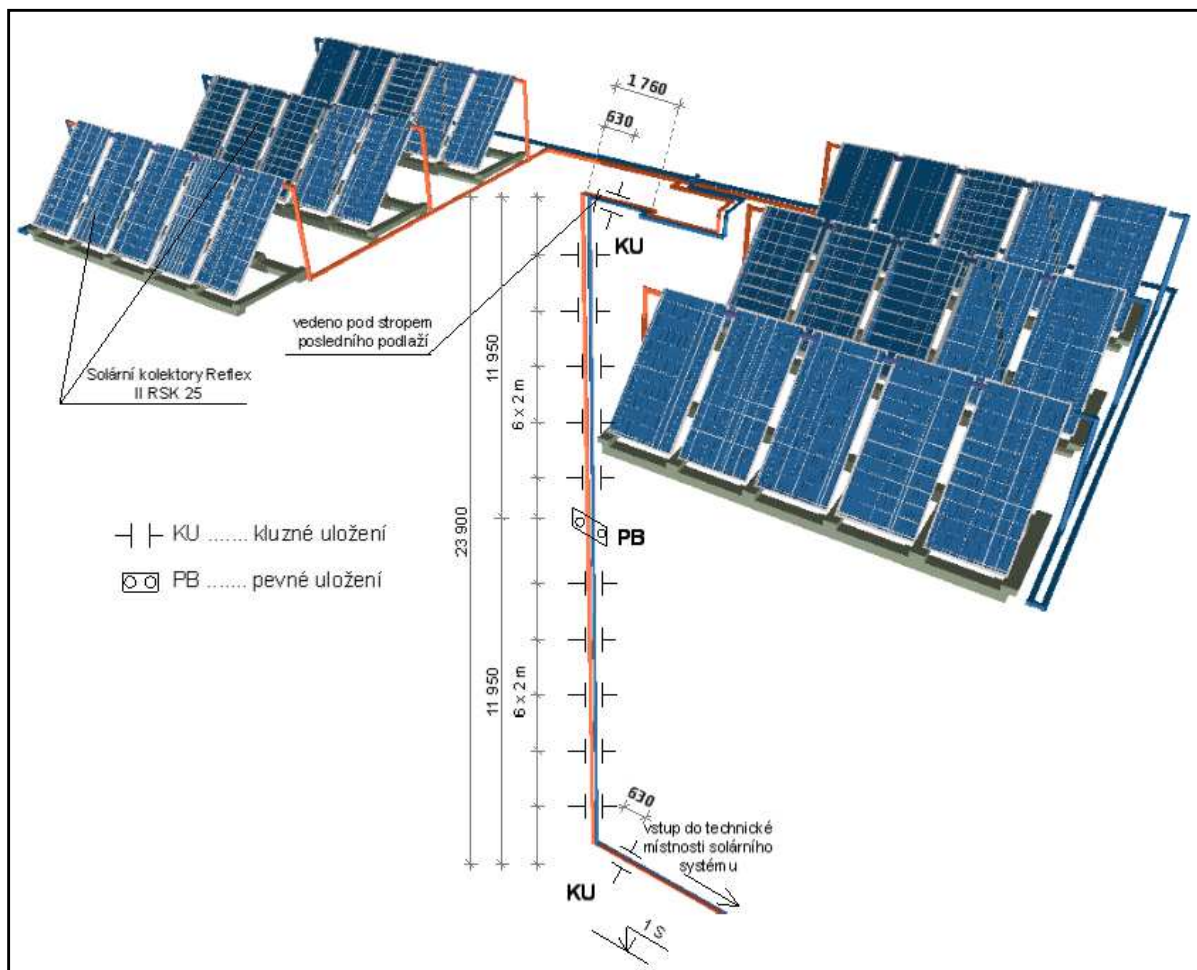
L	délka stoupačičho potrubí	$L = 26,02 \text{ m}$
Δt	maximálníteplotní rozdíl	$\Delta t_{\text{max}} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$
α	součinitel teplotní roztažnosti mědi	$\alpha = 1,70\text{E-}05 \text{ K-}1$
tepelná izolace ORSTECH LSP H o tloušťce 50 mm		
rozměr potrubí = 28 x 1,5 mm, měď		$d = 28 \text{ mm}$

Dilatace při umístění pevného bodu uprostřed stoupačky

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta t = (26,02/2) \cdot 1,7\text{e-}5 \cdot 40 = \underline{8,85 \text{ mm}}$$

Výpočet ohybového kompenzátoru L_B

$$L_B = 0,045 \cdot \sqrt{d \cdot \Delta L} = 0,045 \cdot \sqrt{28 \cdot 8,85} = \underline{0,63 \text{ m}}$$



Řešení dilatací a upevnění potrubí ve vodorovném úseku solárního okruhu

ÚSEK I. - PB I.

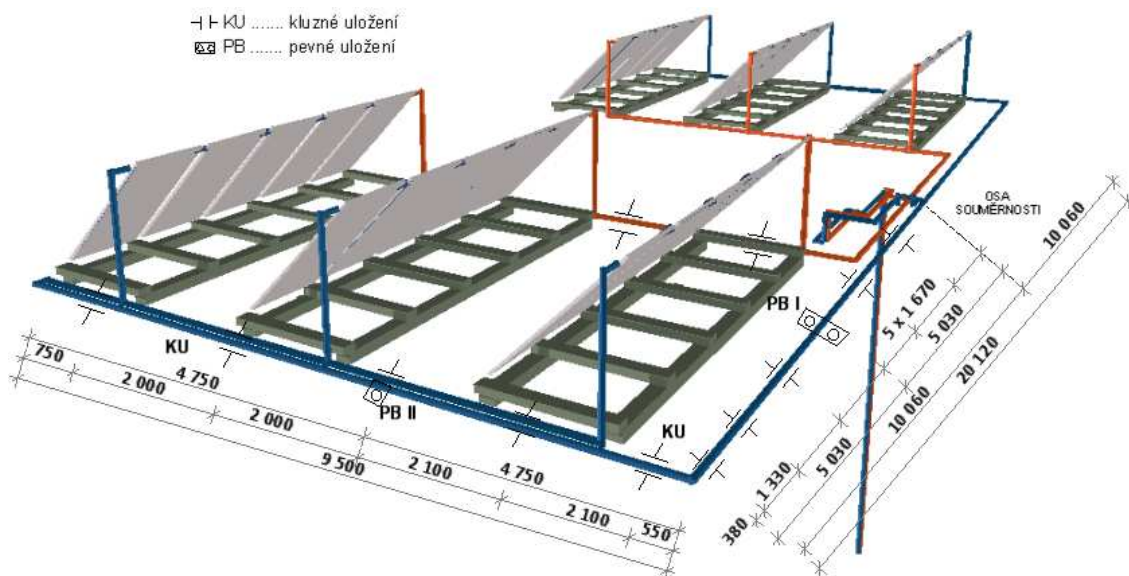
Ldélka úseku potrubí I.	$L =$	20,12 m
Δt maximálníteplotní rozdíl	$\Delta t_{\max} =$	40 °C
αsoučinitel teplotní roztažnosti mědi	$\alpha =$	1,70E-05 K-1
tepelná izolace ORSTECH LSP H o tloušťce 50 mm		
rozměr potrubí = 22 x 1 mm,		
měď	$d =$	22 mm

Dilatace při umístění pevného bodu uprostřed úseku č. I horizontálního rozvodu na ploché střeše

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta t = (20,12/2) \cdot 1,7e^{-5} \cdot 40 = \underline{6,84 \text{ mm}}$$

Výpočet ohybového kompenzátoru L_B

$$L_B = 0,045 \cdot \sqrt{(d \cdot \Delta L)} = 0,045 \cdot \sqrt{(22 \cdot 6,84)} = \underline{0,55 \text{ m}}$$



ÚSEK II. - PB II.

Ldélka úseku potrubí II.	$L =$	9,5 m
Δt maximálníteplotní rozdíl	$\Delta t_{\max} =$	40 °C
αsoučinitel teplotní roztažnosti mědi	$\alpha =$	1,70E-05 K-1
tepelná izolace ORSTECH LSP H o tloušťce 50 mm		
rozměr potrubí = 22 x 1 mm, měď	$d =$	22 mm

Dilatace při umístění pevného bodu uprostřed úseku č. II horizontálního rozvodu na ploché střeše

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta t = (9,5/2) \cdot 1,7e^{-5} \cdot 40 = \underline{3,23 \text{ mm}}$$

Výpočet ohybového kompenzátoru L_B

$$L_B = 0,045 \cdot \sqrt{(d \cdot \Delta L)} = 0,045 \cdot \sqrt{(22 \cdot 3,23)} = \underline{0,38 \text{ m}}$$

16. Dimenzování sekundární okruhu – mezi DV a AKU

Dimenzování sekundárního okruhu-mez DV a AKU

Výkon výměníku v letním období

$$Q_L = 43,63 \text{ kW}$$

Data z projektu				Data z tabulek				Vypočteno					
Č.ú.	Q	M	l	$\Sigma \zeta$	DN	R	v (w)	Z	R.l	Δp_v	R.l+Z+ Δp_v	Δp_{dis}	
	[W]	[kg/h]	[m]	[-]	[D x t]	[Pa/m]	[m/s]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	
Dimenzování sekundárního okruhu													
1	43627	969,5	6,20	17,2	35 x 1,5	45,0	0,34	1025,00	279	375	1679,00	1679,00	
											+ DV na straně vody	9515,00	11194,00

Ověření rychlosti potrubí pro navrženou dimenzi měděného potrubí 35 x 1,5

Výkon výměníku v zimním období

$$Q_z = 29,09 \text{ kW}$$

Data z projektu				Data z tabulek				Vypočteno					
Č.ú.	Q	M	l	$\Sigma \zeta$	DN	R	v (w)	Z	R.l	Δp_v	R.l+Z+ Δp_v	Δp_{dis}	
	[W]	[kg/h]	[m]	[-]	[D x t]	[Pa/m]	[m/s]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	
Dimenzování základního okruhu													
1	29085	646,3	6,20	17,2	35 x 1,5	24,0	0,24	500,57	148,8	375	1024,37	1024,37	
											+ DV na straně vody	6333,00	7357,37

Tloušťka izolace sekundárního okruhu

$U \leq U_{o,vyhl}$ [W/(m.K)] $U_{o,vyhl}$ Určující součinitel prostupu tepla vztažený na jednotku délky potrubí, dle Vyhl. č. 193/2007 Sb.

[D x t]	λ_{iz} [W/(m.K)]	d_e [m]	s_{iz} [m]	α_e [W/(m ² .K)]	U [W/(m.K)]	$U_{o,vyhl}$ [W/(m.K)]	splnění požadavku
35 x 1,5	0,046	0,035	0,08	15	0,165	0,180	✓

17. Návrh oběhového čerpadla v sekundárním okruhu

Návrh oběhového čerpadla sekundárního okruhu

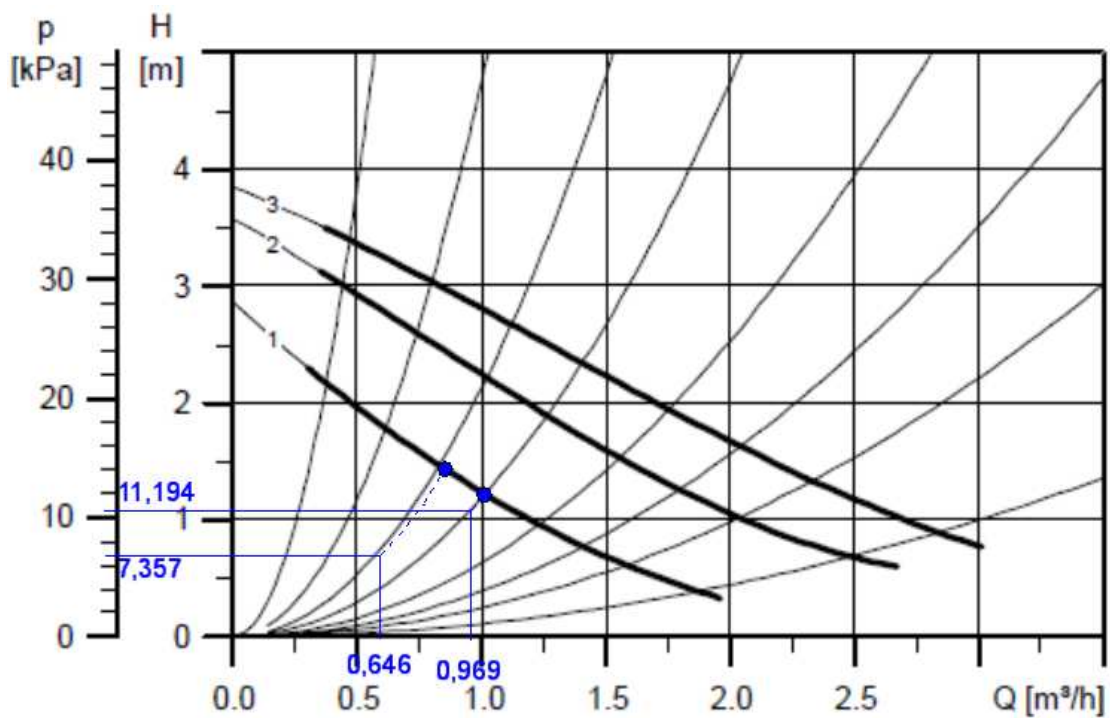
Hmotnostní průtok pro zimu = 646,3 kg/h = 0,646 m³/h

Hmotnostní průtok pro léto = 969,5 kg/h = 0,969 m³/h

Tlaková ztráta potrubní sítě léto= 11 194 Pa

Tlaková ztráta potrubní sítě zima= 7 357 Pa

Návrh oběhového čerpadla UPS 32-40 / 1.ot.



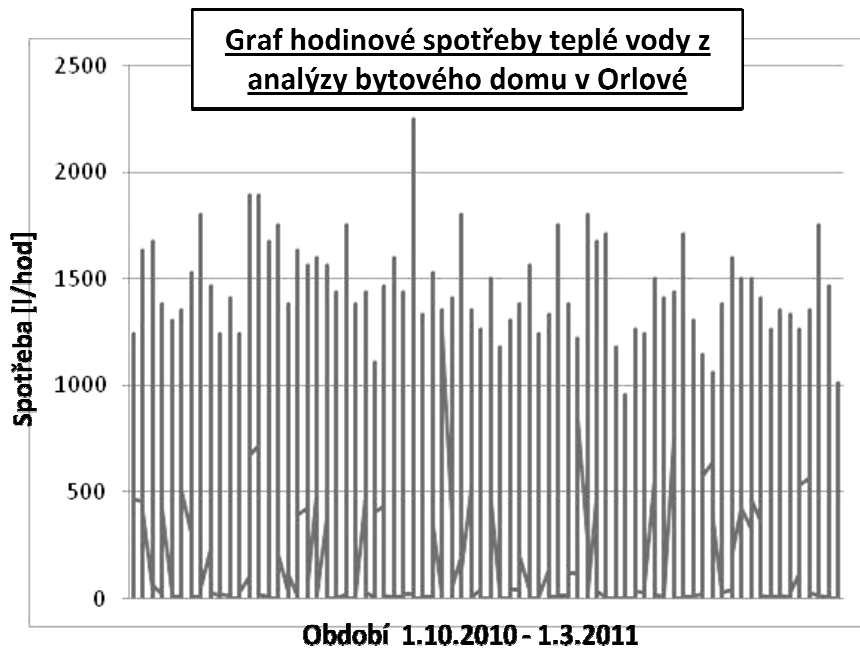
Oběhové čerpadlo s přepínačem otáček pro tři stupně výkonu, zvolen stupeň první.

18. Příprava teplé vody

Příprava teplé vody

Dle grafu, který byl vytvořen z analýzy spotřeby teplé vody v Orlové, lze vidět maximální hodinová špička v průměru okolo 1500 l/h. Graf byl vytvořen z období od 1.10.2010 - 1.3.2011

Špička MAX = **1500** l/hod Návrh zásobníku 1 500 l dle spotřeby
teplé vody. Zásobní teplé vody větší
než 1 500 l by už nebyl ekonomický.



Denní potřeba teplé vody $V_{2p} = 4,00 \text{ m}^3/\text{den}$

Teplo odebrané

$$Q_{2t} = 1,163 \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1) \quad t_1 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{2t} = \underline{200,04 \text{ kWh}} \quad t_2 = 12 \text{ }^\circ\text{C}$$

Teplo ztracené (24h cirkulace)

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z \quad z = 0,5$$

$$Q_{2z} = \underline{100,02 \text{ kWh}}$$

Teplu celkem

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z}$$

$$Q_{2p} = \underline{300,05 \text{ kWh}}$$

Hodinová potřeba teplé vody:

$$(4 \times 0,50) / 6 = 0,33 \text{ m}^3$$

Požadavek výkonu Q_{1n} :

$$(150,03/6) = 25,00 \text{ kW}$$

Teplu odebrané dle provozu:

hod	%	Q_{2p}
04-10	15,0	45,01 kWh
10-18	30,0	90,02 kWh
18-24	50,0	150,03 kWh
24-04	5,0	15,00 kWh
	100,0	300,05 kWh

Potřebná teplosměnná plocha (80/60)

$$A = (Q_{1n} \cdot 10^3) / (U \cdot \Delta t)$$

$$A = (25,00 \cdot 10^3) / (420 \cdot 35,26)$$

$$A = \underline{1,69 \text{ m}^2}$$

$$\Delta t = ((T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)) / \ln((T_1 - t_2) / (T_2 - t_1))$$

$$\Delta t = \underline{35,26 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

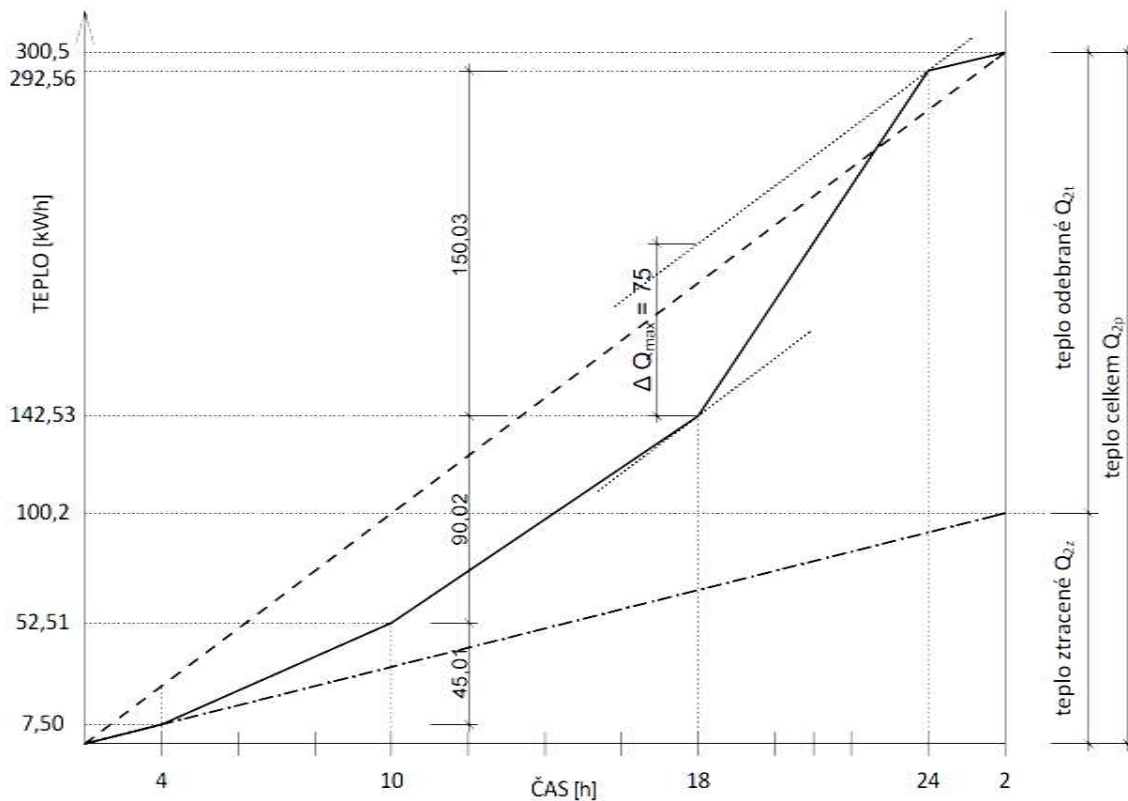
$$T_1 = 80,00 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 60,00 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 12,00 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 55,00 \text{ } ^\circ\text{C}$$

18.1 Graf potřeby teplé vody



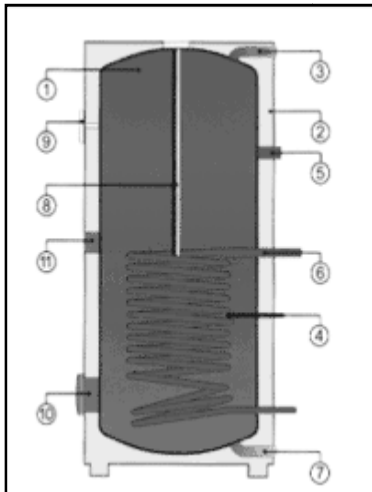
Velikost zásobníku dle potřeby teplé vody:

$$V_z = \Delta Q_{\max} / (1,163 \cdot (t_2 - t_1))$$

$$V_z = 75 / (1,163 \cdot (55 - 12))$$

$$V_z = 1,500 \text{ m}^3 = \underline{\underline{1500 \text{ l}}}$$

$$\Delta Q_{\max} = 75,00 \text{ kWh}$$



Návrh:

Dle srovnání spotřeby a potřeby teplé vody vyšel dle výpočtu stejný objem zásobníku, tedy 1 500 l.

Stacionární ohřivač OKC 1500 l, 3,5 m² teplosměnná plocha výměníku a výkon výměníku 65 kW.

Označení: OKC1500 NTRR/1MPa

19. Návrh zabezpečovacího zařízení pro sekundární okruh

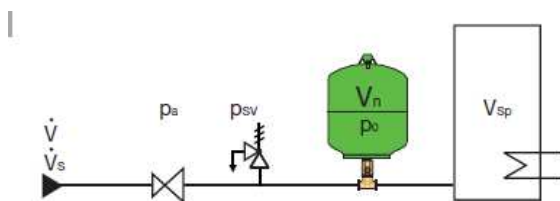
Návrh expanzní nádoby pro sekundární okruh varianta I.

Návrh je proveden dle celkového objemu [13]

Akumulační nádrže i pohotovostní zásobník mají objem 1 500 l, proto pro všechny zásobníky bude stejná velikost expanzní nádoby.

Expanzní nádoba by měla pojmut 4% z objemu zásobníku.

Návrh expanzní nádoby REFLEX, dle tabulky níže - 60 l, otevírací tlak pojistného ventilu 10 bar.



- ▶ Přetlak plynu v nádobě $p_0 = 4,0$ baru = standard
- ▶ Tlak za redukčním ventilem $p_a \geq 4,2$ baru

p_{sv} [bar]	6	8	10
V_{sp} [litry]	Celkový objem reflex / litry		
90	8	8	8
100	12	8	8
120	12	8	8
130	12	8	8
150	18	8	8
180	18	8	8
200	18	12	8
250	25	12	12
300	25	18	12
400	33	18	18
500	60	25	18
600	60	25	25
700	60	33	25
800	80	60	25
900	80	60	33
1000	100	60	60
1500	200	80	60
2000	200	100	80
3000	300	200	100

Návrh expanzní nádoby [13]

Ověření : 4 % z 1 500 l = 60 l SPLNĚNO

Návrh expanzní nádoby pro sekundární okruh varianta II.



Pro druhou variantu řešení je v sekundárním okruhu navržena jedna společná expanzní nádoba, která je navržena:

4% z celkového objemu 4500 l (3 x AKU 1500 l) = 180 l

Expanzní nádoba Reflex DT5 [13]

Návrh expanzní nádoby: Expanzní nádoba Reflex DT5 o objemu 200 l, otevírací tlak pojistného ventilu 10 bar.

Pro pohotovostní zásobník OKC 1500 NTR/1 Mpa bude navržena stejná expanzní nádoba jako pro variantu I. a to Reflex 60 l, PV = 8 bar.

20. Větrání technické místnosti solárního systému

Tepelná bilance pro technickou místnost solárního systému

Průtoky vzduchu

Zimní provoz deskového výměníku	$Q_z =$	29,09 kW
Letní provoz deskového výměníku	$Q_L =$	43,63 kW
Objem technické místnosti	$O =$	44,93 m ³

Průtok vzduchu pro větrání s minimální 0,5-násobnou výměnou vzduchu

$$V_{sp,z} = n \cdot O = 0,5 \cdot 44,93$$

$$V_{sp,z} = 22,5 \text{ m}^3/\text{h} = \underline{0,006 \text{ m}^3/\text{s}}$$

20.1 Tepelná bilance technické místnosti solárního systému v zimě

Tepelná produkce deskového výměníku a potrubních rozvodů asi 1% z instalovaného výkonu výměníku

$$Q_{z,z} = p \cdot Q_z = 0,01 \cdot 41500$$

$$Q_{z,z} = \underline{290,9 \text{ W}}$$

$$\text{Tepelná ztráta prostupem} \quad Q = 132 \text{ W}$$

$$\text{Výpočtová teplota vnitřní} \quad t_i = 15 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Výpočtová teplota vnější} \quad t_e = -15 \text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{Ostrava})$$

$$\text{Měrná tepelná ztráta techn.místn. prostupem} \quad H_T = Q / (t_i - t_e) = 132 / (15 - (-15))$$

$$H_T = \underline{4,4 \text{ W/K}}$$

Měrná tepelná ztráta tech.místn. větráním pro zimní průtok vzduchu pro větrání

$$H_V = V \cdot \rho \cdot c = 0,006 \cdot 1300$$

$$H_V = 8 \text{ W/K}$$

Teplota vzduchu v tech.místn. za návrhových podmínek

$$t_{i,z} = t_e + (Q_{z,z} / H_T + H_V)$$

$$t_{i,z} = -15 + (290,9 / 4,4 + 8)$$

$$t_{i,z} = \underline{8,2 \text{ }^\circ\text{C}}$$

Teplota v zimním období splňuje požadavek na nejnižší teplotu, která je 7°C.

20.2 Tepelná bilance technické místnosti solárního systému v létě

Průměrná venkovní letní teplota $t_e = 25,0 \text{ °C}$

Tepelné zisky jsou tvořeny deskovým výměníkem

$$Q_{z,L} = p \cdot Q_L = 0,010 \cdot 62300$$

$$Q_{z,L} = \underline{436 \text{ W}}$$

Měrná tepelná ztráta techn.místn. větráním pro letní průtok vzduchu pro větrání

$$H_V = V \cdot \rho \cdot c = 0,006 \cdot 1300$$

$$H_V = \underline{8 \text{ W/K}}$$

Teplota v techn.místn. pro průměrnou letní teplotu

$$t_{i,L} = t_e + (Q_{z,L} / H_V) = 25 + (436 / 8)$$

$$t_{i,L} = \underline{78,8 \text{ °C}}$$

Maximální přípustná teplota v techn.místn. je 35 °C. Pro odvedení tepla je nutné zvýšit průtok vzduchu.

$$V_L = Q_{z,L} / \rho \cdot c \cdot (t_i - t_e) = 436 / 1300 \cdot (35 - 25)$$

$$V_L = \underline{0,034 \text{ m}^3/\text{s}} = \underline{121 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Tento průtok znamená výměnu vzduchu

$$n = V_L / O = 121 / 44,93$$

$$n = \underline{2,7/\text{h}}$$

Výměna vzduchu 2,7/h bude zajištěna mechanickým větráním.

Návrh ventilátoru:

Ventilátor odvodní - typ TL6WL o výkonu 395 m³/h.



Ventilátor TL6WL [20]

Přívod vzduchu bude zajištěn otvorem v obvodové zdi, z vnější strany opatřen proti-dešťovou žaluzií. Rozměry otvoru 200 x 200 mm (plocha otvoru $S_o = 0,04 \text{ m}^2$)

Ověření návrhu velikosti přívodního otvoru v létě:

$$S = V_L / v = 0,034 / 1,5 = \underline{0,022 \text{ m}^2} / 2 = \underline{0,011 \text{ m} \times 0,011 \text{ m}}$$

$$S < S_o \text{ [m}^2\text{]}$$

$$0,022 < 0,04 \quad \checkmark \text{ vyhovuje}$$

21. Měření a regulace systému

Měření a regulace systému, varianta I.

Řídící jednotka sbírá informace pomocí čidel, umístěných dle výkresové dokumentace.

Regulace solárního systému spočívá v porovnávání aktuální teploty na výstupu z kolektorů a aktuální teploty v akumulární nádobě. Při dostatečné diferenci těchto teplot (nádobu studená, kolektory teplé) dojde ke spuštění oběhového čerpadla v primárním-solárním okruhu. Po určité době, kdy se teplotonosná kapalina ohřeje na dostatečnou teplotu k přenosu tepla přes deskový výměník, bude sepnuto oběhové čerpadlo v okruhu sekundárním. Tímto způsobem budou nabíjeny akumulární nádoby rovnoměrně díky Tiechelmanovu zapojení.

Řídící jednotka dále sbírá informace z kalorimetru, který je umístěn na primárním okruhu. Dále pomocí trojcestného ventilu, který je umístěn před akumulárními nádržemi, "určuje" cestu vrstvení, aby byla zajištěna stratifikace v zásobnících.

Další trojcestný-směšovací ventil je umístěn na výstupu teplé vody z akumulárních nádob. Tento směšovací ventil zaručuje to, aby teplota nepřekročila 55 °C. Aby toto bylo zaručeno, směšovací ventil umožní připuštění studené vody z vodovodního řádu.

Trojcestný ventil umístěný na potrubí cirkulace určuje směr buď do pohotovostního zásobníku a to díky dostatečné teplotě. Pokud bude teplota nižší, trojcestný ventil pustí tuto vodu zpět do akumulárních nádrží.

Měření a regulace systému, varianta II.

Měření a regulace varianty druhé je stejné jako u varianty první.

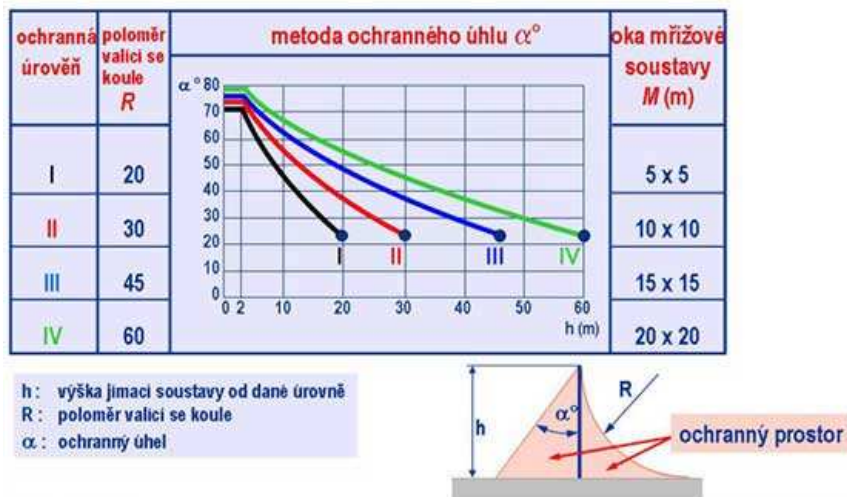
22.Ochrana před bleskem

Návrh ochrany solárních kolektorů před bleskem

Pro návrh ochrany solárních kolektorů před bleskem byla zvolena metoda oddálených hromosvodů dle platných norem ČSN EN 62305-1, ČSN EN 62305-2, ČSN EN 62305-3, ČSN EN 62305-4.

Tento případ byl zařazen do ochranné třídy před bleskem LPS II

- poloměr valící se koule = 30 m
- oka mřížové soustavy = 10 x 10 m

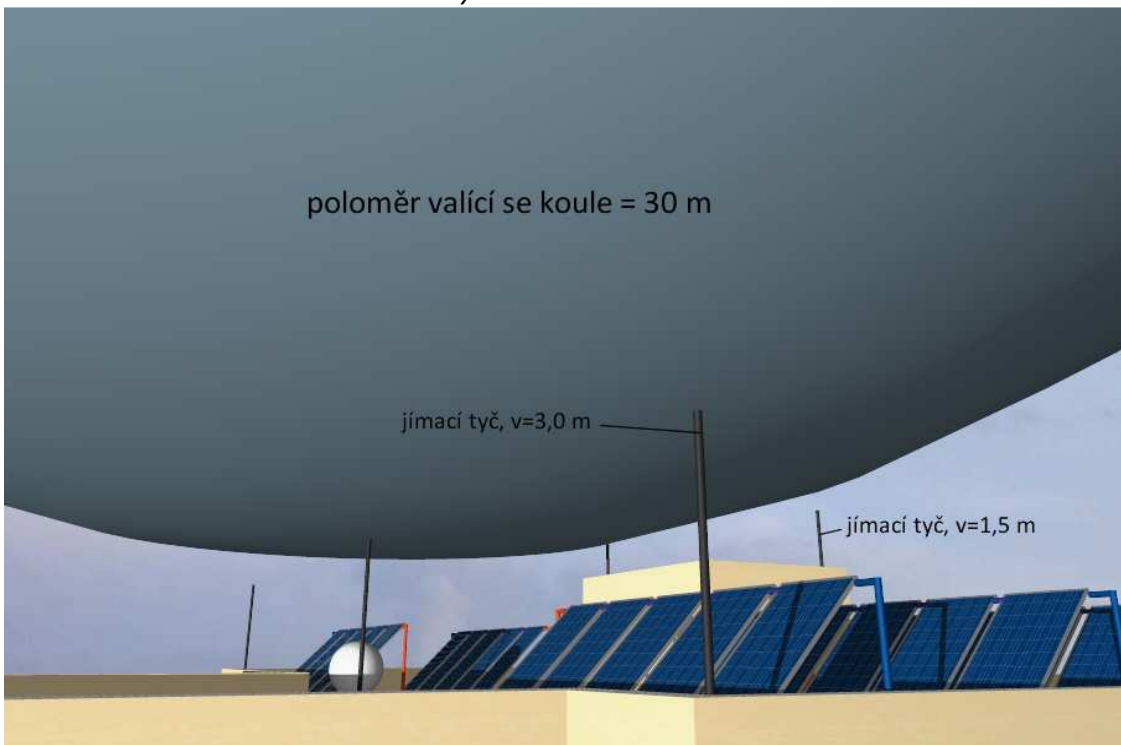


Tabulka rozdělení [20]

Ochranný prostor s byl zvolen na hodnotě 0,7 m.

Jímací tyče budou provedeny z hliníkové slitiny AlMgSi ve výškách a rozmístění dle výkresové dokumentace.

Valící se koule na reálném zobrazení bytového domu v Orlové.



23. Ideové řešení navazujících profesí TZB

Ideové řešení navazujících profesí TZB

VODOVOD

Objekt je napojen na vodovodní řád umístěný v ulici Dětmarovická. Vodoměrná sestava je umístěna v technické místnosti solárního systému.

Potrubí vnitřního vodovodu je vedeno v přístupných šachtách. Každý byt má samostatný vodoměr studené i teplé vody, které jsou přístupné buď z koupelny, či WC. Teplá voda se připravuje centrálně pomocí solárních kolektorů, při nedostatku tepla z těchto kolektorů zajišťuje potřebu domovní, horkovodní předávací stanice.

KANALIZACE

Odvodnění objektu je provedeno jednotným systémem do veřejného kanalizačního řadu. Plochá střecha je odvodněna 3 vpustěmi, které jsou vedeny v instalačních šachtách domu. Mimo objekt se splaškové a dešťové potrubí spojuje v šachtě a ústí do veřejného kanalizačního řadu.

Splaškové i odpadní potrubí je z plastu PE. Připojovací potrubí je vedeno v drážkách ve stěnách. Stoupací splaškové potrubí je vedeno ve volně přístupných šachtách. Čistící kusy jsou volně přístupné.(nevím, jak to s těmi kusy myslela přesně)

VYTÁPĚNÍ

Zdrojem tepla pro celý bytový dům je domovní předávací stanice, která v případě nedostatečného tepla ze solárních kolektorů slouží i k přípravě teplé vody v pohotovostním zásobníku OKC 1500 NTRR/1MPa.

Otopná soustava je řešena jako dvoutrubková. Horizontální rozvody jsou vedeny v podlaze. Materiál potrubních rozvodů jsou ocelové trubky.

Jako otopná tělesa jsou navržena desková tělesa v obytných místnostech. Tělesa jsou opatřena termoregulačními a odvzdušňovacími ventily.

VZDUCHOTECHNIKA

Celý bytový dům je větrán přirozeným větráním v kombinaci s podtlakovým systémem pro WC, koupelny a digestoře. Technická místnost solárního systému je v letním období větrána taktéž podtlakovým systémem, který díky odvodního ventilátoru odebírá znehodnocený odpadní vzduch z místnosti. Přívodní otvor je otvor bez ventilátoru zajišťující potřebnou výměnu vzduchu v místnosti.

24. Technická zpráva

Technická zpráva

Úvod

Projekt řeší solární systém pro přípravu teplé vody pro bytový dům v Orlové-Lutyni na ulici Adamusova, č.p. 1250. Všechny okrajové podmínky jsou řešeny pro město Hradec Králové, které má přibližně stejnou nadmořskou výšku, jako město Ostrava, ze kterého byla získána potřebná data.

Podkladem pro vypracování projektu byla projektová dokumentace stávajícího stavebního řešení budovy.

Jedná se o bytový dům o 24 bytech, s plochou střechou a suterénem, kde jsou umístěny místnosti pro technické zázemí a sklady uživatelů domu.

Potřeba tepelné energie

Potřeba tepla pro přípravu teplé vody – 75 189,16 kWh/rok

Popis řešení

Pro přípravu teplé vody je použito 30 kusů kapalinových kolektorů od Firmy Reflex, značka Reflex II RSK 25, které budou pomocí ocelové konstrukce ukotveny do střešní konstrukce a umístěny na jižní straně ($\pm 15^\circ$) ploché střechy objektu. Rozvod potrubí ke kolektorovým polím, které jsou rozděleny po 5 kusech, bude proveden ve venkovním i vnitřním prostoru.

Kolektorová pole byla rozmisťována s ohledem na veškerá zařízení ploché střechy, jako je strojovna výtahu, či větrací hlavice.

Kolektory budou zapojeny Tiechelmanovým způsobem.

Ze střešního prostoru bude potrubí svedeno střešní výlezem do prostoru schodiště, dále do suterénu domu, kde je umístěna technická místnost solárního systému a kde bude umístěno čerpadlo solárního systému, deskový výměník, regulace, akumulční zásobníky, pohotovostní zásobník teplé vody a expanzní nádoby.

Oběh nemrznoucí směsi, kterou byla zvolena kapalina Solaren s koncentrací 60 %, bude zajišťovat oběhové elektronicky regulované čerpadlo firmy Grundfos typ Magna 25-100. Nemrznoucí kapalina Solaren bude napuštěna do systému odbornou servisní firmou.

Solární systém bude předávat teplo pitné vodě přes deskový výměník firmy Regulus DV800-30.

Pitná voda bude rovnoměrně ukládána ve 3 akumulčních nádržích typu ANTIKOR AKU o objemu 1 500 l pro I. variantu řešení. Akumulační nádrže jsou zapojeny Tiechelmanovým způsobem. Akumulační nádrž má vstup teplé vody ve dvou úrovních přes trojcestný ventil, aby byla zajištěna stratifikace.

Pro II. variantu řešení je pitná voda ukládána do akumulčních nádrží, kterou jsou zapojeny za sebou a které nemají podporu stratifikace.

Teplá voda z akumulčních nádrží bude přivedena do pohotovostního zásobníku typu OKC 1500 NTRR/1 MPa. Z tohoto pohotovostního zásobníku bude teplá voda vedena ke spotřebičům. Celé řešení je obsaženo ve výkresové dokumentaci.

Na přívodu studené vody do technické místnosti bude instalována chemická ochrana proti legionelám pomocí chloroxidu. Toto je řešeno pomocí generátoru BelloZon CDVc 20, 8bar. Bude uvedena do provozu pod technickým dohledem.

Čerpadlo solárního systému

Instalovaný výkon solárního systému je 36,3 kW, což je maximální výkon pro měsíc srpen, záleží na počasí. Průtok nemrznoucí směsi 960 kg/h. Oběhové čerpadlo je elektronicky řízené typu Grundfos Magna 25-100.

Zabezpečovací zařízení

Je navrženo v souladu s ČSN 060830, primární okruh solární má navrženou expanzní nádobu firmy Reflex o objemu 500 l. Taktéž všechny ostatní expanzní nádoby jsou typu Reflex.

Plnicí tlak nemrznoucí směsi bude 290 kPa.

Pojistný ventil bude nastaven na hodnotu otevíracího přetlaku 550 kPa.

Expanzní nádoba varianty I. v okruhu sekundárním je navržena tak, aby splňovala podmínku 4% z objemu zásobníku, či akumulční nádoby. Před každou akumulční nádrží a pohotovostním zásobníkem je navrženo zabezpečovací zařízení patrné z výkresové dokumentace. Velikost byla stanovena na hodnotě 60 l.

Expanzní nádoba pro variantu II. v sekundárním okruhu je taktéž navržena, tak aby její objem byl min. 4% z celkového objemu zásobníků. Byla stanovena 1 nádoba o velikosti 200 l. Expanzní nádoba pro pohotovostní zásobník má velikost expanzní nádoby 60 l.

Přetlak plynu v nádobě je 4,0 bar, a otevírací tlak pojistného ventilu je 10 bar.

Potrubní rozvody

Potrubní rozvod solárního systému s nuceným oběhem teplonosné kapaliny je napojen do deskového výměníku. Je rozveden po ploché střeše objektu do šachtového prostoru budovy, odkud je sveden do schodišťového prostoru a je sveden do suterénu budovy, kde pokračuje pod schody do technické místnosti solárního systému.

Rozvody solárního systému budou provedeny z měděného potrubí. Bude upevněno pomocí dvoudílných objímek ke stropům a stěnám v budově. Umístění pevných a kluzných uložení je doloženo výpočtem a grafickým znázorněním. Dle návrhu dimenzí byla výpočtem stanovena dimenze 28 x 1,5 mm vedoucí do technické místnosti. Na potrubních rozvodech budou umístěny příslušné armatury, vztahující se k I. či II. variantě řešení.

Spojování potrubí bude provedeno pájením na tvrdo.

Tepelné izolace

Veškeré potrubí a armatury solárního systému budou řádně opatřeny tepelnou izolací dle vyhlášky č. 193/2007 Sb. na určující součinitele prostupu tepla. Tato izolace musí být opatřena ochranným obalem, např. hliníkovou fólií k zabránění mechanického poškození, ochraně proti UV záření a možného „útoků“ ptactva. Tloušťka tepelné izolace byla výpočtem určena na tloušťkách 40 a 50 mm typu ORSTECH LPS H.

Tloušťky jednotlivých tepelných izolací solárního potrubního rozvodu:

[D x t]	λ_{iz} [W/(m.K)]	d_e [m]	s_{iz} [m]	α_e [W/(m ² .K)]	U [W/(m.K)]	$U_{o,vyhl}$ [W/(m.K)]	splnění požadavku
15 x 1	0,045	0,015	0,04	15	0,148	0,150	✓
18 x 1	0,045	0,018	0,05	15	0,146	0,150	✓
22 x 1	0,045	0,022	0,05	15	0,160	0,180	✓
28 x 1,5	0,045	0,028	0,05	15	0,180	0,180	✓

Tloušťka izolace potrubního rozvodu z DV do AKU:

[D x t]	λ_{iz} [W/(m.K)]	d_e [m]	s_{iz} [m]	α_e [W/(m ² .K)]	U [W/(m.K)]	$U_{o,vyhl}$ [W/(m.K)]	splnění požadavku
35 x 1,5	0,046	0,035	0,08	15	0,165	0,180	✓

Tloušťky izolací splňují požadavky vyhlášky č. 193/2007 Sb. na určující součinitele prostupu tepla.

$$U \leq U_{o,vyhl} \text{ [W/(m.K)]}$$

Prostupy jednotlivými konstrukcemi budou opatřeny chráničkami pro správnou dilataci potrubí.

Akumulační nádrže, deskový výměník a pohotovostní zásobník teplé vody budou opatřeny izolací od výrobce.

Větrání technické místnosti

Slouží k zajištění potřebné výměny vzduchu hlavně v letním období. Je řešeno jako podtlakové, kdy odvodní vzduch je nasáván přes ventilátor umístěný v obvodové zdi vedle okna ve výšce 100 mm nad spodní hranou okenního otvoru a je odváděn ven. Ventilátor byl stanoven dle výpočtu pro zajištění potřebné výměny vzduchu a jeho typ je TL6WL. Na vnitřní straně je osazena plastová větrací mřížka a z vnější proti-dešťová žaluzie.

Přívod vzduchu je zajištěn otvorem v obvodové zdi, který je z vnější strany opatřen proti-dešťovou žaluzií a z vnitřní strany větrací mřížkou. Rozměry otvoru 200 x 200 mm. Velikost přívodního otvoru byla ověřena výpočtem pro zajištění potřebné výměny vzduchu v letním období.

Pokyny pro montáž a výrobu

Montáž potrubí bude provedena z lehkého mobilního lešení s podlázkami. Po skončení montážních prací bude potrubí propláchnuto, osazeno armaturami a bude provedena stavební zkouška a zkouška těsnosti dle ČSN 060310.

Po provedení těchto úloh bude provedena dilatační a topná zkouška dle ČSN 060310. Po provedení všech zkoušek musí být systém rozvodu znovu zprovozněn. O všech zkouškách bude proveden zápis s podpisy zúčastněných osob.

Bezpečnost práce

Bude se vycházet z platných norem a bezpečnostních předpisů. Vše bude řádně dodržováno.

Požadavky na ostatní profese

- Stavební úpravy v technické místnosti:

Původní dveřní otvor do technické místnosti solárního systému je malý pro přemístění zařízení a musí být vybourán a vyměněn za dveře větší a to o šířce 1 200 mm, neboť akumulční nádrže mají průměr 1 100 mm. Po montáži se dveře zajistí kovovými dveřmi s dodatkovými dveřmi mřížovými.

Pro větrání technické místnosti je uvažováno větrání podtlakové s dvěma otvory, z nichž v jednom je osazen ventilátor pro odvod vzduchu v letních měsících. Druhý otvor zajišťuje přívod vzduchu. Otvory budou vybourány do zdi, ve které je osazen okenní otvor dle výkresové dokumentace. Otvory jsou umístěny 100 mm nad spodní hranou okenního otvoru.

Další stavební úpravy v technické místnosti nejsou nutné.

- Požadavky pro práce na ploché střeše:

Montážní práce na ploché střeše budou probíhat s dohledem pracovníka výrobní firmy.

- Požadavek ke statickému posouzení střešní konstrukce:

Střešní konstrukce bytového domu je třeba posoudit statikem z důvodu přidaného zatížení od solárních kolektorů a jejich podpůrné konstrukce.

- Požadavek na ochranu před bleskem:

Solární kolektory budou chráněny před bleskem metodou oddálených hromosvodů. Ochrana před bleskem je patrná z výkresové dokumentace.

- Požadavek měření a regulace:

Varianta I.

Řídící jednotka sbírá informace pomocí čidel, umístěných dle výkresové dokumentace.

Regulace solárního systému spočívá v porovnávání aktuální teploty na výstupu z kolektorů a aktuální teploty v akumulční nádobě. Při dostatečné diferenci těchto teplot (nádobu studená, kolektory teplé) dojde ke spuštění oběhového čerpadla v primárním-solárním okruhu. Po určité době, kdy se teplotná kapalina ohřeje na dostatečnou teplotu k přenosu tepla přes deskový výměník, bude sepnuto oběhové čerpadlo v okruhu sekundárním. Tímto způsobem budou nabíjeny akumulční nádoby rovnoměrně díky Tiechelmanovu zapojení.

Řídící jednotka dále sbírá informace z kalorimetru, který je umístěn na primárním okruhu. Dále pomocí trojcestného ventilu, který je umístěn před akumulčními nádržemi, "určuje" cestu vrstvení, aby byla zajištěna stratifikace v zásobnících.

Další trojcestný-směšovací ventil je umístěn na výstupu teplé vody z akumulčních nádob. Tento směšovací ventil zaručuje to, aby teplota nepřekročila 55 °C. Aby toto bylo zaručeno, směšovací ventil umožní připuštění studené vody z vodovodního řádu.

Trojcestný ventil umístěný na potrubí cirkulace určuje směr buď do pohotovostního zásobníku a to díky dostatečné teplotě. Pokud bude teplota nižší, trojcestný ventil pustí tuto vodu zpět do akumulčních nádrží.

Varianta II.

Měření a regulace varianty druhé je stejné jako u varianty první.

C. EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ A ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ

1. Úvod a analýza objektu bytového domu

Objektem mého experimentálního řešení je bytový dům na adrese Adamusova 1250 v Orlové-Lutyni, 735 14.

Bytový dům má na ploché střeše osazeny termické solární kolektory pro přípravu teplé vody a předehřev vytápění.

Byla provedena analýza potřebných dat a některá data byla použita do samostatného návrhu solárního systému pro tento bytový dům v Orlové pro přípravu teplé vody.

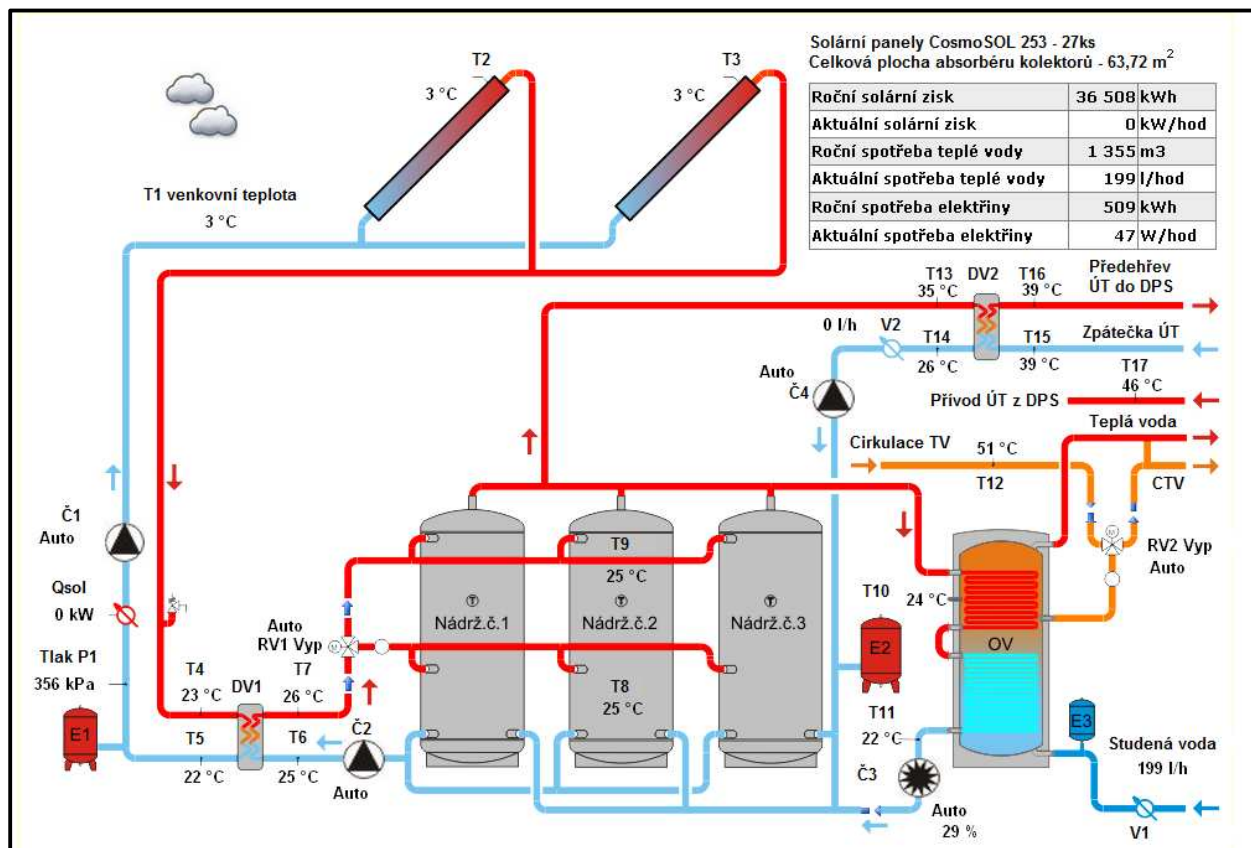
Analýza byla provedena díky online monitoringu, který je přístupný na adrese:



<http://109.231.148.190/Orlova1250/Technol/Orlova1250/TechnolOrlova1250.aspx>

Na ploché střeše je osazeno 27 termických kapalinových kolektorů typu CosmoSOL 253 o celkové absorpční ploše 63,72 m².

Náhled na online monitoring:



Reálné schéma zapojení bytového domu v Orlové [17]

2. Data Globálního záření za sledovaný rok, Ostrava-Poruba

Globální záření $H_{T,den}$ [kJ/m^2], lokalita : Ostrava-Poruba

Data byla získána z Českého hydrometeorologického úřadu v Ostravě-Porubě

	01		02		03		04		05		06		07		08		09	10	11	12
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2010	2010	2010
1.	1444	3024	6151	3911	8290	11654	19473	10304	11549	9349	5529	17234	25194	4898	21700	6915	3658	10403	4877	1259
2.	512	2711	5810	4482	9919	12369	3511	8531	7639	20602	8623	9635	27409	16661	25520	16894	13110	9360	4281	4279
3.	2669	2476	3627	5723	9669	11650	20040	16567	10600	2475	15199	22065	29110	3352	14412	24626	12708	12570	4901	554
4.	2810	4620	6868	3875	7281	11937	17961	10565	3109	16852	24667	20422	19402	9857	14541	21930	5068	10952	1185	5111
5.	2370	3421	3687	4481	11038	11542	3480	10433	3262	21906	29779	23548	18347	16375	21722	23164	9130	1714	4478	4009
6.	549	2847	4910	3514	8669	10521	6499	8554	8302	27104	29140	19012	7550	21697	8049	13698	13411		2786	2690
7.	1807	3682	3822	8244	7977	13089	11939	13237	14032	26425	15473	26362	19799	22357	22113	20288	17609		1745	759
8.	821	787	4438	5723	11451	14472	18021	13096	16953	21410	28031	16775	28910	19248	11272	7393	12659		1536	1423
9.	701	4207	2368	8675	13609	14116	8960	14936	7402	26720	28059	6430	28358	27130	17682	17742	6870	9755	6576	1393
10.	185	759	2132	8623	12830	4479	8600	19645	17953	26035	27833	13982	28472	25076	21301	7866	10080	10872	5696	2375
11.	2070	1873	2731	1249	3958	8686	5059	11219	16447	26539	26538	25962	27943	22757	23989	21193	3392	11990	3842	1313
12.	2321	2052	4481	8272	5962	13708	10911	8866	10324	25576	28081	24539	27806	21355	21560	11015	7799	4992	3719	1608
13.	1530	2066	1530	6755	3909	10079	5059	14417	4701	22049	16752	21368	20982	25172	18917	12025	13169		3961	2469
14.	1609	995	3579	3774	5579	11604	3270	3799	4492	17837	4074	19994	27720	12784	23731	23852	11009		6550	2152
15.	1422	1617	3188	7583	10619	11133	3552	10355	9256	5005	21542	21957	19979	13303	8292	19445	6879		6050	2146
16.	2970	3089	8451	1711	11429	6495	16452	20512	2830	22982	16640	25045	25122	25490	11596	16915	12689	2818	1617	4711
17.	2750	4322	2637	4516	6260	1508	19198	14049	4412	16889	30332	16547	23826	28226	13552	22384	9082	2470	562	4434
18.	2202	2395	3322	1657	14570	1708	20962	20986	2612	27485	13401	12382	8290	8681	11879	20188	10850	781	1103	1203
19.	2199	1673	6017	1372	11627	3752	16732	16300	4101	26429	15201	20642	4722	20965	15280	12210	13000	6671	2375	4393
20.	2707	2666	2309	3896	8958	9098	17600	22822	4038	27131	3469	13895	19751	11036	21549	22089	16611	7437	1036	2589
21.	1967	1385	10909	4936	8761	15389	9669	22850	10815	25403	7449	13646	23282	4181	22511	22219	16470	7156	2227	3876
22.	4261	2822	10772	4296	15772	16685	15980	22143	12333	26401	18244	26540	25861	7440	22279	21322	15111	7336	459	946
23.	4821	1280	9386	6438	15749	10898	22900	20079	18583	20824	24952	21547	19990	25964	19950	19936	15998	7380	1758	3638
24.	4431	3739	8020	9110	15802	13664	23880	8473	14130	27985	20669	16909	6762	6493	7030	18911	15770	4268	1630	671
25.	4640	3258	9660	7699	16191	8986	23440	15931	17081	26431	6741	22811	6382	6734	18340	18472	12462	1270	4877	950
26.	3991	2624	2378	8127	16240	6043	20086	7484	9111	29127	22512	12013	9608	8413	13319	19158	1840	4257	5192	2720
27.	6610	6474	7890	10050	11911	15780	15929	15545	16381	10284	28311	20957	14560	10378	7433	21035	3059	9511	1862	4807
28.	3990	2872	8827	10068	9339	15319	16747	20335	27790	3572	23080	28784	7739	18088	7178	21703	2830	7925	3226	1024
29.	5480	5991			12461	18280	24501	19505	17759	27331	28679	14466	21811	15010	12278	21151	3682	8386	1127	2439
30.	3901	7529			12518	18914	23778	18659	12390	28379	27939	9776	3354	6314	5721	13358	1841	8568	4127	4958
31.	4130	2269			3690	16683			10363	27200			9490	5180	2241	20396		8060		2093

Intenzita slunečního záření převedená na jednotku v kWh/m²

1 GJ=277,77 kW

	01		02		03		04		05		06		07		08		09		10		11		12	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2010	2010	2010	2010	2010		
1.	0,4011	0,84	1,7086	1,08636	2,30271	3,23713	5,40902	2,86214	3,20797	2,59687	1,53579	4,78709	6,99814	1,36052	6,02761	1,92078	1,01608	2,88964	1,35468	0,34971				
2.	0,14222	0,753	1,6138	1,24497	2,7552	3,43574	0,97525	2,36966	2,12189	5,72262	2,39521	2,67631	7,6134	4,62793	7,08869	4,69265	3,64156	2,59993	1,18913	1,18858				
3.	0,74137	0,6878	1,0075	1,58968	2,68576	3,23602	5,56651	4,60182	2,94436	0,68748	4,22183	6,129	8,08588	0,93109	4,00322	6,84036	3,5299	3,49157	1,36135	0,15388				
4.	0,78053	1,2833	1,9077	1,07636	2,02244	3,31574	4,98903	2,93464	0,86359	4,68098	6,85175	5,67262	5,38929	2,73798	4,03905	6,0915	1,40774	3,04214	0,32916	1,41968				
5.	0,65831	0,9503	1,0241	1,24469	3,06603	3,20602	0,96664	2,89797	0,90609	6,08483	8,27171	6,54093	5,09625	4,54848	6,03372	6,43426	2,53604	0,4761	1,24385	1,11358				
6.	0,1525	0,7908	1,3639	0,97608	2,40799	2,92242	1,80523	2,37604	2,30605	7,52868	8,09422	5,28096	2,09716	6,02678	2,23577	3,80489	3,72517	0	0,77387	0,7472				
7.	0,50193	1,0227	1,0616	2,28994	2,21577	3,63573	3,3163	3,67684	3,89767	7,34007	4,29794	7,32257	5,49957	6,2101	6,14233	5,6354	4,89125	0	0,48471	0,21083				
8.	0,22805	0,2186	1,2327	1,58968	3,18074	4,01989	5,00569	3,63768	4,70903	5,94706	7,78617	4,65959	8,03033	5,34652	3,13102	2,05355	3,51629	0	0,42665	0,39527				
9.	0,19472	1,1686	0,6578	2,40965	3,78017	3,921	2,48882	4,14877	2,05605	7,42201	7,79395	1,78606	7,877	7,5359	4,91153	4,9282	1,90828	2,70965	1,82662	0,38693				
10.	0,05139	0,2108	0,5922	2,39521	3,56379	1,24413	2,38882	5,45679	4,9868	7,23174	7,73117	3,88378	7,90867	6,96536	5,91678	2,18494	2,79992	3,01992	1,58218	0,6597				
11.	0,57498	0,5203	0,7586	0,34693	1,09941	2,41271	1,40524	3,1163	4,56848	7,37174	7,37146	7,21146	7,76173	6,32121	6,66342	5,88678	0,9422	3,33046	1,06719	0,36471				
12.	0,6447	0,57	1,2447	2,29771	1,65606	3,80767	3,03075	2,46271	2,8677	7,10425	7,80006	6,8162	7,72367	5,93178	5,98872	3,05964	2,16633	1,38663	1,03303	0,44665				
13.	0,42499	0,5739	0,425	1,87634	1,0858	2,79964	1,40524	4,00461	1,3058	6,12455	4,6532	5,93539	5,82817	6,99203	5,25458	3,34018	3,65795	0	1,10025	0,68581				
14.	0,44693	0,2764	0,9941	1,0483	1,54968	3,22324	0,90831	1,05525	1,24774	4,95458	1,13163	5,55373	7,69978	3,55101	6,59176	6,62537	3,05797	0	1,81939	0,59776				
15.	0,39499	0,4492	0,8855	2,10633	2,94964	3,09241	0,98664	2,87631	2,57104	1,39024	5,98372	6,099	5,54957	3,69517	2,30327	5,40124	1,91078	0	1,68051	0,59609				
16.	0,82498	0,858	2,3474	0,47526	3,17463	1,80412	4,56987	5,69762	0,78609	6,38371	4,62209	6,95675	6,97814	7,08036	3,22102	4,69848	3,52462	0,78276	0,44915	1,30857				
17.	0,76387	1,2005	0,7325	1,25441	1,73884	0,41888	5,33263	3,90239	1,22552	4,69126	8,42532	4,59626	6,61815	7,84034	3,76434	6,2176	2,52271	0,68609	0,15611	1,23163				
18.	0,61165	0,6653	0,9228	0,46026	4,04711	0,47443	5,82261	5,82928	0,72554	7,63451	3,7224	3,43935	2,30271	2,41132	3,29963	5,60762	3,0138	0,21694	0,30638	0,33416				
19.	0,61082	0,4647	1,6713	0,3811	3,22963	1,04219	4,64765	4,52765	1,13913	7,34118	4,22238	5,73373	1,31163	5,82345	4,24433	3,39157	3,61101	1,853	0,6597	1,22024				
20.	0,75192	0,7405	0,6414	1,08219	2,48826	2,52715	4,88875	6,33927	1,12164	7,53618	0,96358	3,85961	5,48624	3,06547	5,98567	6,13566	4,61404	2,06578	0,28777	0,71915				
21.	0,54637	0,3847	3,0302	1,37107	2,43354	4,2746	2,68576	6,34704	3,00408	7,05619	2,06911	3,79045	6,46704	1,16136	6,25288	6,17177	4,57487	1,98772	0,61859	1,07664				
22.	1,18358	0,7839	2,9921	1,1933	4,38099	4,63459	4,43876	6,15066	3,42574	7,33341	5,06764	7,37202	7,18341	2,06661	6,18844	5,92261	4,19738	2,03772	0,1275	0,26277				
23.	1,33913	0,3555	2,6071	1,78828	4,3746	3,02714	6,36093	5,57734	5,1618	5,78428	6,93092	5,98511	5,55262	7,21202	5,54151	5,53762	4,44376	2,04994	0,48832	1,01053				
24.	1,2308	1,0386	2,2277	2,53048	4,38932	3,79545	6,63315	2,35355	3,92489	7,77339	5,74123	4,69681	1,87828	1,80356	1,95272	5,25291	4,38043	1,18552	0,45277	0,18638				
25.	1,28885	0,905	2,6833	2,13855	4,49737	2,49604	6,51093	4,42515	4,74459	7,34174	1,87245	6,33621	1,77273	1,8705	5,0943	5,13097	3,46157	0,35277	1,35468	0,26388				
26.	1,10858	0,7289	0,6605	2,25744	4,51098	1,67856	5,57929	2,07883	2,53076	8,09061	6,25316	3,33685	2,66881	2,33688	3,69962	5,32152	0,5111	1,18247	1,44218	0,75553				
27.	1,83606	1,7983	2,1916	2,79159	3,30852	4,38321	4,4246	4,31793	4,55015	2,85659	7,86395	5,82123	4,04433	2,8827	2,06466	5,84289	0,8497	2,64187	0,51721	1,33524				
28.	1,1083	0,7978	2,4519	2,79659	2,59409	4,25516	4,65181	5,64845	7,71923	0,99219	6,41093	7,99533	2,14966	5,0243	1,99383	6,02844	0,78609	2,20133	0,89609	0,28444				
29.	1,52218	1,6641	0	0	3,46129	5,07764	6,80564	5,4179	4,93292	7,59173	7,96617	4,01822	6,05844	4,16933	3,41046	5,87511	1,02275	2,32938	0,31305	0,67748				
30.	1,08358	2,0913	0	0	3,47712	5,25374	6,60482	5,18291	3,44157	7,88283	7,76062	2,71548	0,93164	1,75384	1,58912	3,71045	0,51137	2,37993	1,14636	1,37718				
31.	1,14719	0,6303	0	0	1,02497	4,63404	0	0	2,87853	7,55534	0	0	2,63604	1,43885	0,62248	5,6654	0	2,23883	0	0,58137				
Ø	0,7515	0,8201	1,3432	1,42254	2,88556	3,13827	3,89047	3,94431	2,96363	6,00106	5,34877	5,06478	5,26447	4,21686	4,36311	5,01324	2,6688	1,5851	0,85447	0,70779				

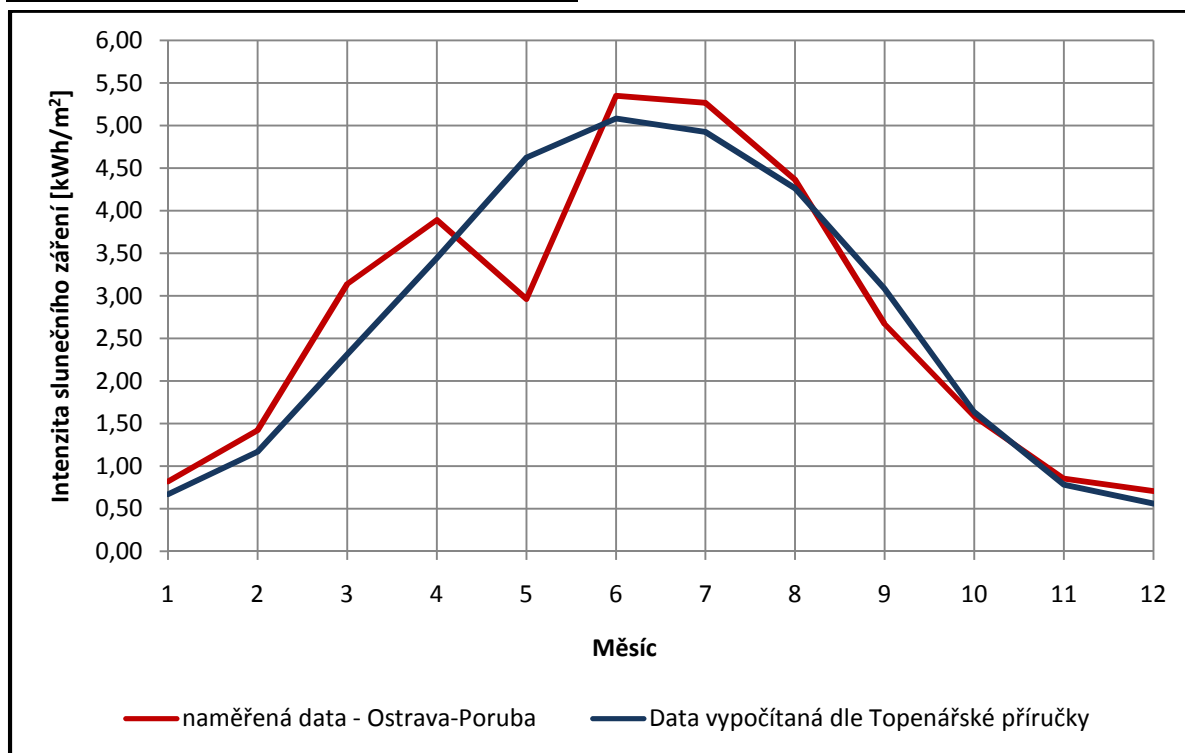
3. Srovnání intenzit slunečního záření mezi naměřenými hodnotami a topenářskou příručkou

Srovnání intenzity slunečního záření mezi naměřenými hodnotami od května 2010 do konce dubna 2011 a vypočítanými hodnotami pomocí tabulkových hodnot z topenářské příručky

		Naměř.data	$H_{T,den,teor}$	$H_{T,den,dif}$	τ_r	$H_{T,den}$
Měsíc	01	0,8201	1,48	0,49	0,18	0,6682
	02	1,4225	2,49	0,68	0,27	1,1687
	03	3,1383	4,29	0,99	0,4	2,31
	04	3,8905	6,08	1,37	0,44	3,4424
	05	2,9636	7,6	1,64	0,5	4,62
	06	5,3488	8,26	1,77	0,51	5,0799
	07	5,2645	7,85	1,75	0,52	4,922
	08	4,3631	6,59	1,53	0,54	4,2624
	09	2,6688	4,83	1,19	0,52	3,0828
	10	1,5851	3,01	0,83	0,37	1,6366
	11	0,8545	1,74	0,56	0,19	0,7842
	12	0,7078	1,2	0,43	0,17	0,5609

$$H_{T,den} = \tau_r * H_{T,den, teor} + (1 - \tau_r) * H_{T,den,dif} \text{ [kWh/m}^2 \cdot \text{den]}$$

3.1 Graf srovnání intenzit slunečních záření



4. Ověření plochy kolektorového pole na ploché střeše bytového domu v Orlové za sledovaný rok

Ověření návrhu kolektorové plochy bytového domu v Orlové pro sledovaný rok (duben 2010-duben 2011)

Stanovení účinnosti plochého slunečního kolektoru Cosmosol 253

$$\eta_k = \eta_0 - (\alpha_1 * (t_m - t_{es}) / G_{T, stř}) - (\alpha_2 * (t_m - t_{es})^2 / G_{T, stř}) \quad [-]$$

α_1	lineární součinitel tepelné ztráty [W/m ² .K]	η_k	účinnost kolektoru [-]
α_2	kvadratický součinitel tepelné ztráty [W/m ² .K ²]	η_0	optická účinnost kolektoru [-]
t_{es}	prům. venkovní teplota v době slunečního svitu [°C]	t_m	střední teplota teplotonosné látky v kolektoru [°C]
$G_{T, stř}$	střední denní sluneční ozáření uvažované plochy kolektoru o určitém sklonu a orientaci [W/m ²], uvažováno město, azimutový úhel sklonu $\gamma = \pm 15^\circ$ a úhel sklonu osluněné plochy 45°		

Denní měrný tepelný zisk z kolektorů

$$q_k = \eta_k * H_{T, den} \quad [\text{kWh/m}^2 \cdot \text{den}]$$

η_k	účinnost kolektoru [-]
$H_{T, den}$	skutečná denní dávka slunečního ozáření [kWh/m ² .den] použitá ze získaných údajů
$H_{T, den, př}$	skutečná denní dávka slunečního ozáření [kWh/m ² .den] použitá ze získaných údajů přepočítaná na sklon 45°

	t_{es}	$G_{stř}$	η_k	τ_r	$H_{T, den}$	$H_{T, den, př}$	$q_{k, den}$	A_k	P_k
I.	1,60	408	0,406	0,18	0,820	1,906	0,774	279,53	118,95
II.	2,40	479	0,468	0,27	1,423	2,679	1,255	172,37	73,35
III.	6,00	526	0,524	0,4	3,138	4,521	2,371	91,22	38,82
IV.	10,70	521	0,559	0,44	3,890	4,530	2,532	85,42	36,35
V.	15,90	516	0,598	0,5	2,964	3,069	1,834	117,94	50,19
VI.	18,90	512	0,620	0,51	5,349	5,329	3,302	65,50	27,87
VII.	20,70	508	0,632	0,52	5,264	5,332	3,372	64,14	27,29
VIII.	20,80	509	0,634	0,54	4,363	4,800	3,041	71,12	30,27
IX.	18,00	509	0,612	0,52	2,669	3,498	2,139	101,11	43,03
X.	12,70	479	0,557	0,37	1,585	2,649	1,474	146,73	62,44
XI.	7,20	417	0,470	0,19	0,854	1,822	0,855	252,87	107,60
XII.	3,30	377	0,394	0,17	0,708	1,769	0,697	310,32	132,05

t_m	Q_{pc}
40	206,00

data výrobce: $\alpha_1 = 3,79$
 $\alpha_2 = 0,0048$
 $\eta_0 = 0,78$
 Sluneční kolektory
 Cosmosol 253

Výpočet plochy kolektoru

$$A_k = ((1+p) \cdot Q_{pc}) / q_k \text{ [m}^2\text{]}$$

A_k	aperturní plocha kolektoru [m ²]
Q_{pc}	potřeba tepla na přípravu teplé vody [kWh/den]
q_k	denní měrný tepelný zisk z kolektorů [kWh/m ² .den]
p	přirážka na tepelné ztráty [%]

Potřeba tepla pro přípravu teplé vody

$$Q_{pc} = (1+p) \cdot ((n \cdot V \cdot \rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1)) / 3,6 \cdot 10^6) \text{ [kWh/den]}$$

p	přirážka na tepelné ztráty [%]	$p =$	3	
n	počet jednotek [-]	$n =$	1	celý bytový dům
V	prům.denní potřeba teplé vody na jednotku [m ³ /den]	$V =$	4,0	z analýzy spotřeby
ρ	hustota vody [kg/m ³]	$\rho =$	1000 teplé vody v místě:
c	měrná tepelná kapacita vody [J/kg.K]	$c =$	4186	Adamusova 1250,
t_2	požadovaná teplota teplé vody [°C]	$t_2 =$	55	Orlová-Lutyně
t_1	teplota studené vody [°C]	$t_1 =$	12	

$$Q_{pc} = (1+0,03) \cdot ((1 \cdot 4 \cdot 1000 \cdot 4186 \cdot (55-12)) / 3,6 \cdot 10^6) = \underline{\underline{206,00}} \text{ kWh/den}$$

Výpočet počtu kolektorů

$$P_k = A_k / A_{1k} \text{ [ks]}$$

A_k	aperturní plocha kolektoru [m ²]		
A_{1k}	účinná absorpční plocha kolektoru [m ²]	$A_{1k} =$	2,35

Návrh počtu kolektorů

$$P_{ks} = \underline{\underline{27,00}}$$

Výpočet celkové absorpční plochy kolektorů

$$A_{ks} = A_{1k} * P_{ks} = 2,35 * 27 = \underline{63,45} \quad m^2$$

$$Q_{ku} = 0,9 * \eta_k * n * H_{T,den} * A_{ks} * (1-p) \text{ [kWh/měsíc]}$$

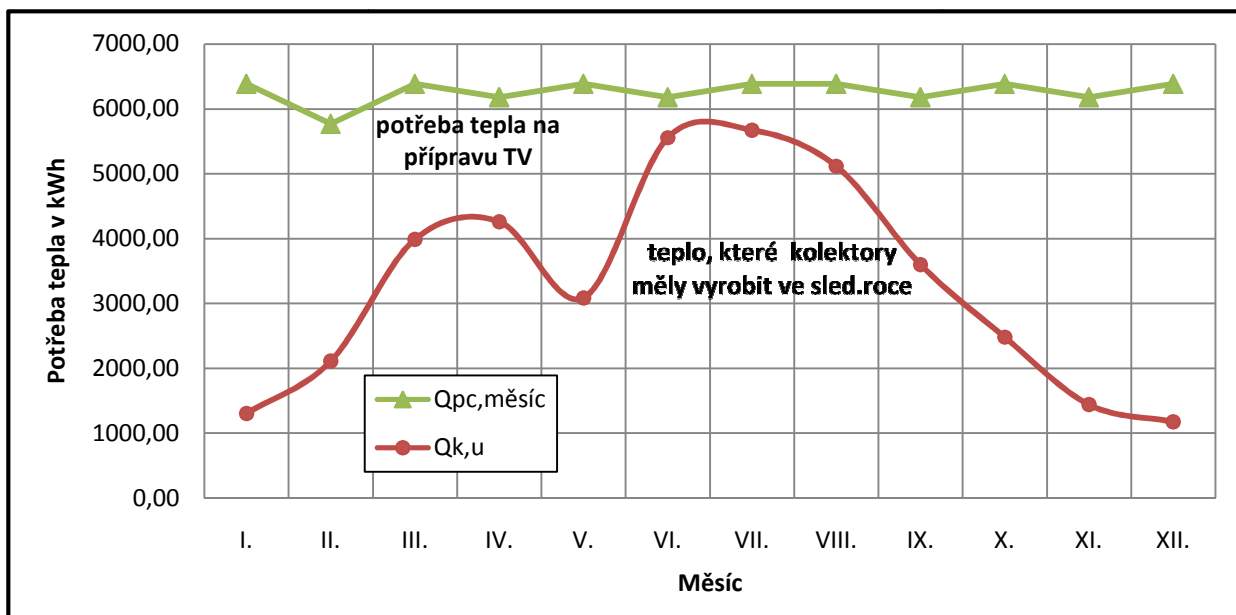
	Q _{pc,den}	Q _{pc,měsíc}	Q _{k,u}
I.	206,00	6385,93	1301,33
II.	206,00	5767,94	2110,33
III.	206,00	6385,93	3987,51
IV.	206,00	6179,93	4258,57
V.	206,00	6385,93	3084,20
VI.	206,00	6179,93	5553,54
VII.	206,00	6385,93	5671,07
VIII.	206,00	6385,93	5114,43
IX.	206,00	6179,93	3597,63
X.	206,00	6385,93	2479,15
XI.	206,00	6179,93	1438,53
XII.	206,00	6385,93	1172,19
		75189,16	39768,47

Pokrytí potřeby tepla kolektorem

52,89 %
mělo vyrobit ve sledovaném roce

- Q_{ku}..... teplo vyrobené kolektory za daný měsíc [kWh/měsíc]
- η_k..... účinnost kolektoru [-]
- n..... počet dní v měsíci
- H_{T,den}..... skutečná denní dávka slunečního ozáření [kWh/m².den]
- A_{ks}..... celková absorpční plocha kolektorů [m²]
- p..... přírážka na tepelné ztráty [%]

4.1 Graf potřeby tepla a teplo, které měla kolektorová plocha vyrobit za sledovaný rok



**5. Spotřeba tepla na přípravu teplé vody a teplo kolektory
skutečně vyrobené**

Následující údaje byly vzaty z měření na panelovém domě v Orlové.

Přepočet spotřeby teplé vody na spotřebované teplo k přípravě teplé vody byl proveden dle vzorce :

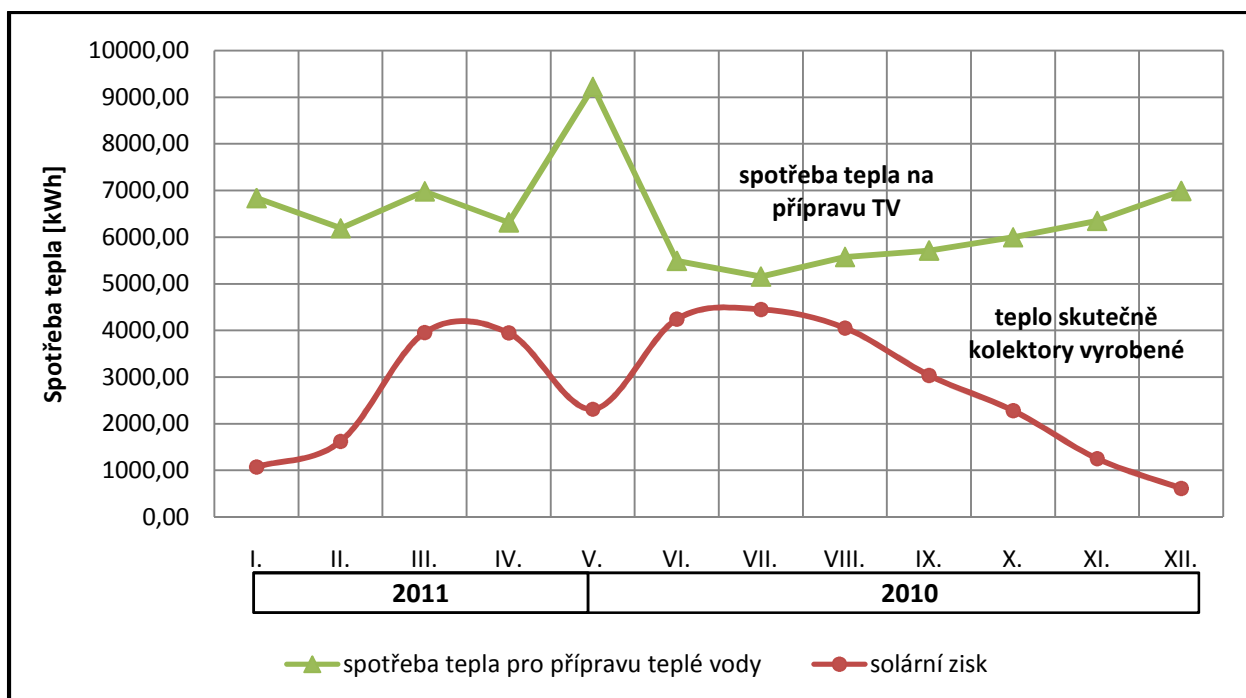
$$Q_{s,m\acute{e}s} = (1+p) * ((n * V_{m\acute{e}s} * \rho * c * (t_2 - t_1)) / 3,6 * 10^6) \text{ [kWh/m\acute{e}s]}$$

s uvažováním těchto hodnot	ρ	přirážka na tepelné ztráty [%]	$\rho = 3$
	n	počet jednotek [-]	$n = 1$
	V	měsíční spotřeba teplé vody na bytový dům [m^3 /měs] dle tab	
	ρ	hustota vody [kg/m^3]	$\rho = 1000$
	c	měrná tepelná kapacita vody [$J/kg.K$]	$c = 4186$
	t_2	požadovaná teplota teplé vody [$^{\circ}C$]	$t_2 = 55$
	t_1	teplota studené vody [$^{\circ}C$]	$t_1 = 12$

	Teplo kolektory vyrobené [kWh]	Spotřeba teplé vody V [m^3]	Spotřeba tepla Q_s [kWh]	přepočet
leden 2011	1070	132,73	6835,64	
únor 2011	1620	120,19	6189,49	
březen 2011	3954	135,58	6982,10	
duben 2011	3944	122,66	6316,93	
květen 2010	2308	179,03	9220,05	
červen 2010	4240	106,61	5490,41	
červenec 2010	4448	100,12	5156,02	
srpen 2010	4050	108,26	5575,38	
září 2010	3034	110,95	5713,91	
říjen 2010	2278	116,46	5997,52	
listopad 2010	1248	123,25	6347,34	
prosinec 2010	608	135,72	6989,54	

5.1 Graf spotřeby tepla na přípravu teplé vody a teplo kolektory skutečně vyrobené

Zde je v grafu vidět reálná spotřeba tepla pro přípravu teplé vody ve sledovaném roce od května 2010 do dubna 2011.

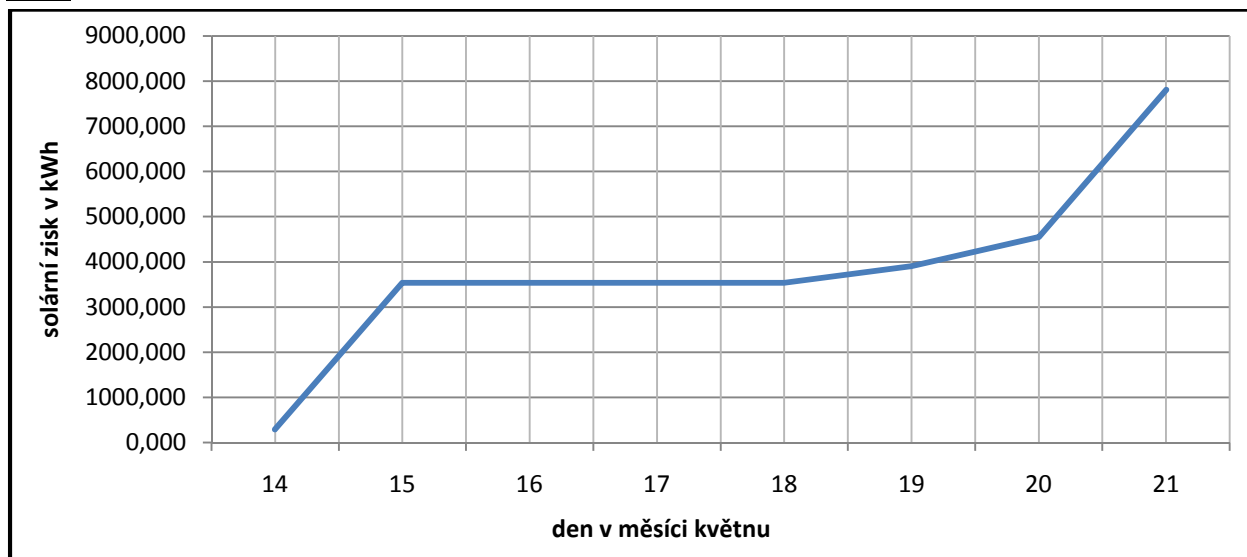


V květnu roku 2010 byla zvýšená potřeba tepla na přípravu teplé vody. Bylo to způsobeno tím, že kolektory v té době nevyráběly žádné teplo, jejich výrazný pokles je vidět v grafu. Díky tomu se výrazně zvětšila potřeba tepla na přípravu teplé vody a tu musel dodat jiný zdroj. V bytovém domě v Orlové je to domovní předávací stanice.

	den	sol.zisk [kWh]	počítadlo [kWh]
Květen 2010	14	285,591	285,591
	15	3246,309	3531,900
	16	0,000	3531,900
	17	0,000	3531,900
	18	0,000	3531,900
	19	373,940	3905,840
	20	642,392	4548,232
	21	3262,893	7811,126

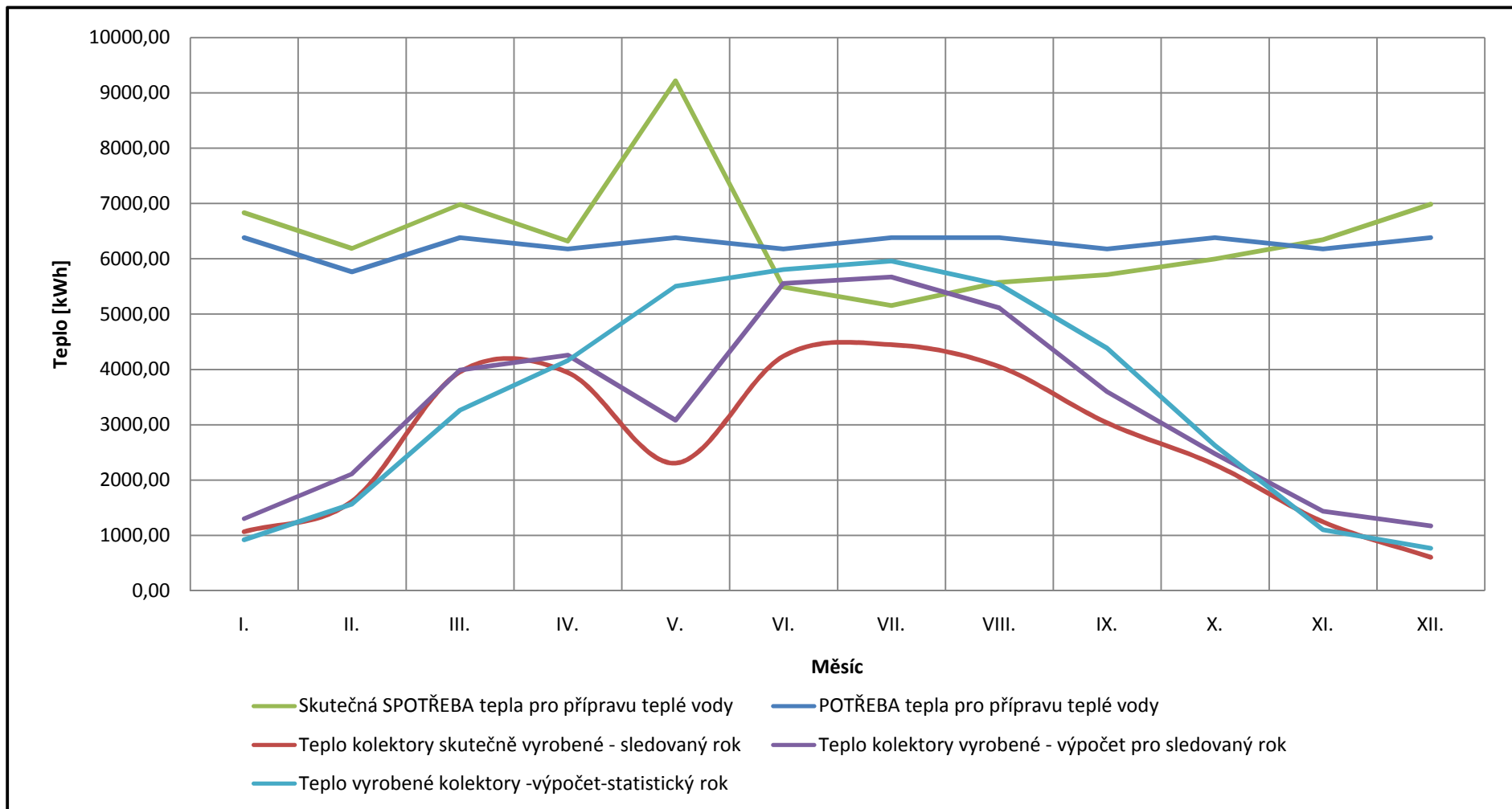
Analýza byla provedena z důvodu ověření získaných dat a to kvůli vysokému snížení Globálního záření v měsíci květnu 2010. Zde je vidět, že i solární zisk kolektorů byl v některých dnech nulový. Bylo to způsobeno výbuchem sopky Eyjafjallajökull na Islandu, jejímž popelem se zakalila atmosféra.

5.2 Graf solárního zisku kolektorové plochy na bytovém domě v Orlové v měsíci květnu 2010



5.3 Graf znázorňující potřebu tepla pro přípravu teplé vody a její skutečnou spotřebu ve sled. roce

Dále graf znázorňuje výrobu tepla kolektorové plochy dle výpočtu s obecnými podmínkami a teplo kolektory skutečně vyrobené. V grafu je dále křivka výroby tepla kolektorové plochy, která je navržena na meteorologické podmínky sledovaného roku.



6. Celkové zhodnocení výroby tepla solárními kolektory

Zhodnocení výroby tepla kolektory

Teplo, které měly kolektory vyrobit ve sledovaném roce dle výpočtu:

$$Q_{ku,sl} = 39\,768 \text{ kWh/rok}$$

Teplo, které kolektory skutečně ve sledovaném roce vyrobily:

$$Q_{kv,sl} = 32\,802 \text{ kWh/rok}$$

Teplo, které by kolektory měly vyrobit za statistických podmínek:

$$Q_{kv,st} = 41\,623 \text{ kWh/rok}$$

Potřeba tepla pro přípravu teplé vody:

$$Q_{pc} = 75\,189 \text{ kWh/rok}$$

$Q_{ku,sl}$	$Q_{kv,sl}$	$Q_{kv,st}$
39 768 kWh/rok	32 802 kWh/rok	41 623 kWh/rok
= rozdíl = 21,2 %		
= rozdíl = 26,7 %		

Závěr:

Rozdíl mezi teplem, které skutečně kolektory vyrobily ve sledovaném roce a teplem, které by měly vyrobit za statistický rok je 26,7 %.

Rozdíl mezi teplem, které kolektory za sledovaný rok měly vyrobit a teplem, které skutečně vyrobily je 21,2 %. To může být způsobeno například vyššími tepelnými ztrátami okruhu, či výbuchem již zmiňované sopky v měsíci květnu.

Dalším důvodem může být intenzita slunečního záření, kdy data použitá ve výpočtu byla vzata z Českého hydrometeorologického ústavu v Ostravě-Porubě a sledovaný objekt v Orlové je vzdálen přibližně 20 km a počasí v těchto lokalitách se může díky vzdálenosti lišit.

A v neposlední řadě to může být způsobeno tím, že se teplo z akumulčních nádrží nespotřebovávalo, zejména v letních měsících, tudíž kolektory ani teplo nemusely vyrábět.

7. Analýza spotřeby teplé vody v bytovém domě

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Hydraulika solárních systémů

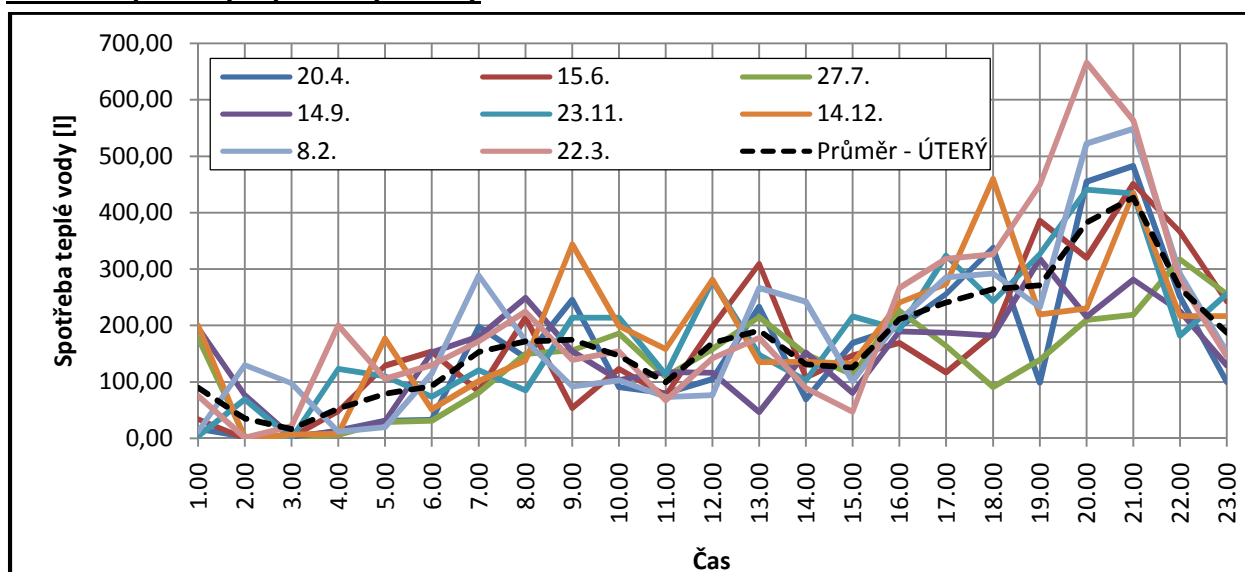
Na bytovém domě v Orlové byla provedena analýza dvou pracovních dní a jednoho víkendového dne spotřeby teplé vody.

Bytový dům má 24 bytů. V celém bytovém domě bydlí nyní 62 dospělých a 17 dětí. V průměru tedy jednu bytovou jednotku obývají 3-4 lidé.

Spotřeba teplé vody za hodinu v [l] - ÚTERÝ

ÚTERÝ	max= 666,016 m3							
	2010					2011		
	20.4.	15.6.	27.7.	14.9.	23.11.	14.12.	8.2.	22.3.
1.00	17,00	34,00	177,98	195,98	4,03	200,20	11,72	75,20
2.00	3,00	0,00	2,99	76,05	68,97	0,00	129,88	0,98
3.00	0,00	2,01	0,00	2,99	0,00	6,84	97,66	21,48
4.00	14,00	48,00	5,98	11,96	122,99	7,81	11,72	200,20
5.00	31,01	129,00	29,05	30,03	110,05	176,76	19,53	105,47
6.00	33,00	153,99	30,94	151,98	73,97	51,76	114,26	129,88
7.00	198,00	83,01	81,05	179,99	121,03	101,56	289,06	171,88
8.00	143,00	213,99	149,96	249,02	84,96	137,70	172,85	224,61
9.00	246,00	54,02	156,01	153,99	213,99	343,75	91,80	138,67
10.00	91,00	122,99	185,97	103,03	214,05	199,22	102,54	154,30
11.00	80,00	76,02	109,01	117,00	112,98	158,20	73,24	67,38
12.00	105,00	198,00	158,02	115,97	278,99	281,25	76,17	141,60
13.00	233,00	308,99	215,03	46,02	148,01	134,77	266,60	177,73
14.00	69,00	108,00	148,99	151,98	102,97	135,74	242,19	88,87
15.00	169,00	147,00	112,98	80,02	216,00	132,81	100,59	46,88
16.00	197,00	169,01	226,01	188,96	192,99	240,23	208,98	266,60
17.00	256,00	116,97	164,00	187,01	324,04	273,44	285,16	318,36
18.00	338,00	186,00	91,00	182,01	242,98	459,96	291,99	326,17
19.00	99,00	386,02	138,98	317,99	327,03	219,73	232,42	449,22
20.00	455,00	319,98	210,02	215,03	440,98	230,47	522,46	666,02
21.00	483,00	451,02	218,99	281,01	434,02	434,57	548,83	563,48
22.00	251,00	366,00	317,02	224,98	182,01	216,80	291,02	279,30
23.00	100,00	243,01	255,98	129,03	255,98	216,80	152,34	145,51

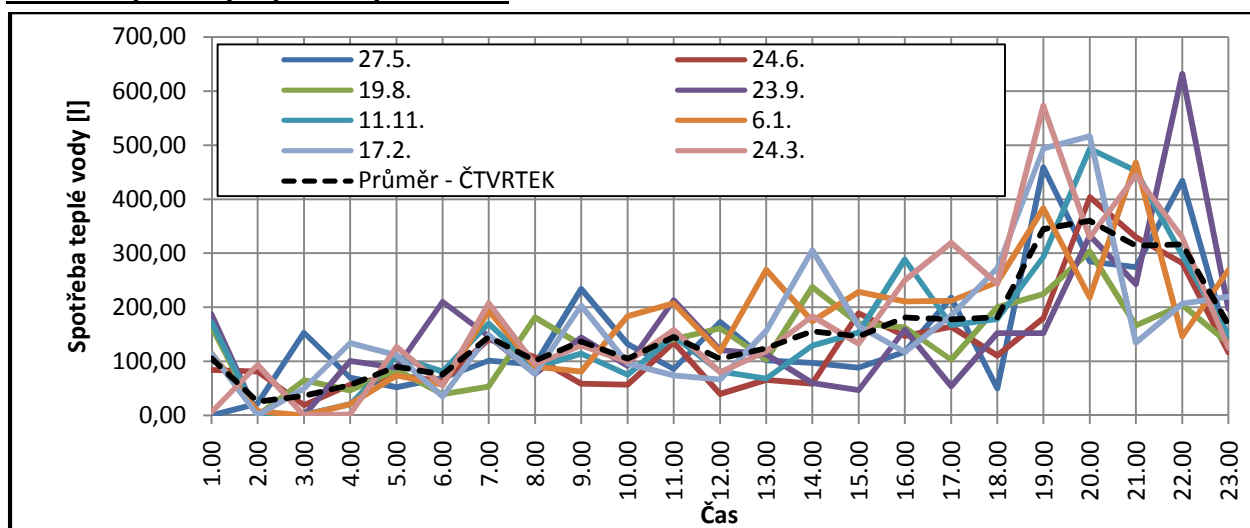
7.1 Graf spotřeby teplé vody - úterý



Spotřeba teplé vody za hodinu v [l] - ČTVRTEK

ČTVRTEK	2010					2011		
	27.5.	24.6.	19.8.	23.9.	11.11.	6.1.	17.2.	24.3.
1.00	0,00	83,98	164,00	187,01	173,03	114,26	114,26	5,86
2.00	22,00	80,99	0,00	0,00	0,00	7,81	0,00	93,75
3.00	152,98	19,01	65,00	0,00	0,98	0,00	49,80	0,00
4.00	70,01	57,01	45,96	100,95	21,00	20,51	133,79	1,95
5.00	52,00	74,98	84,05	88,01	108,03	74,22	111,33	126,95
6.00	69,00	63,02	39,00	210,02	80,99	56,64	35,16	55,66
7.00	100,98	140,99	52,98	146,00	169,98	193,36	148,44	208,01
8.00	94,02	108,00	180,97	77,03	88,99	89,84	77,15	94,73
9.00	233,98	58,99	130,00	143,98	114,01	81,05	203,13	128,91
10.00	132,02	57,01	105,04	91,98	75,01	183,59	95,70	98,63
11.00	86,00	135,01	140,99	213,01	146,97	207,03	74,22	158,20
12.00	173,00	39,98	161,01	120,97	81,05	118,16	66,41	80,08
13.00	101,99	66,01	102,97	113,04	67,99	269,53	156,25	118,16
14.00	97,02	58,99	237,00	60,00	128,97	173,83	305,66	183,59
15.00	87,98	189,03	170,04	47,00	153,02	228,52	165,04	132,81
16.00	117,00	146,97	162,96	159,00	288,02	210,94	117,19	250,00
17.00	217,99	164,00	103,03	54,02	166,99	211,91	184,57	319,34
18.00	50,02	111,02	199,95	151,98	177,98	246,09	272,46	243,16
19.00	458,98	179,99	224,06	151,98	293,03	382,81	494,14	573,24
20.00	285,00	403,99	302,98	333,01	492,98	217,77	516,60	329,10
21.00	274,02	330,02	166,02	243,04	451,97	467,77	134,77	444,34
22.00	433,99	281,98	203,98	631,96	296,02	146,48	207,03	329,10
23.00	131,99	117,00	133,97	197,02	148,99	268,56	219,73	125,00

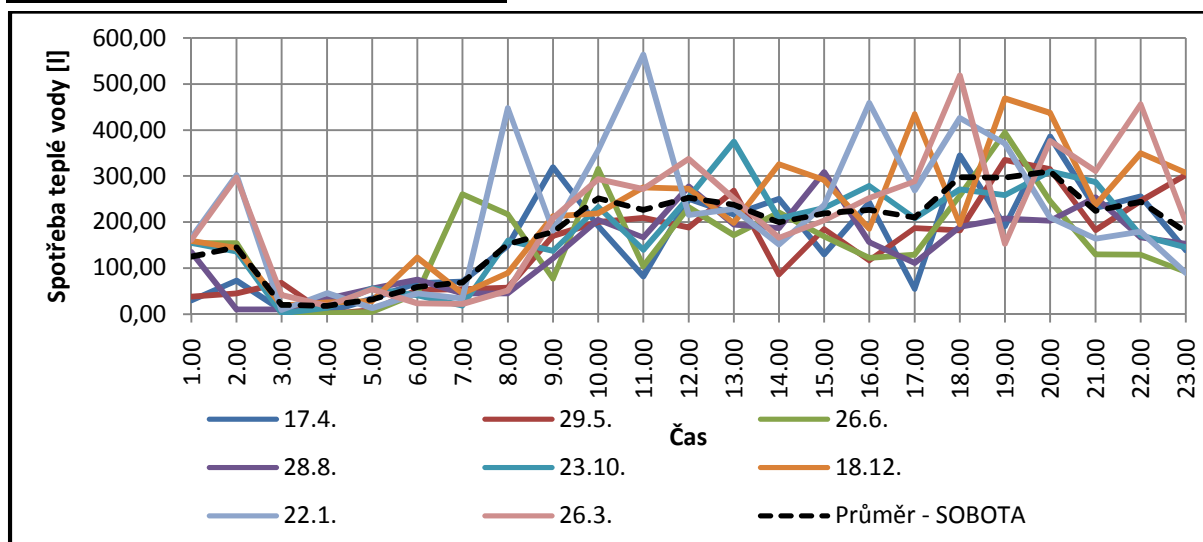
7.2 Graf spotřeby teplé vody – čtvrtek



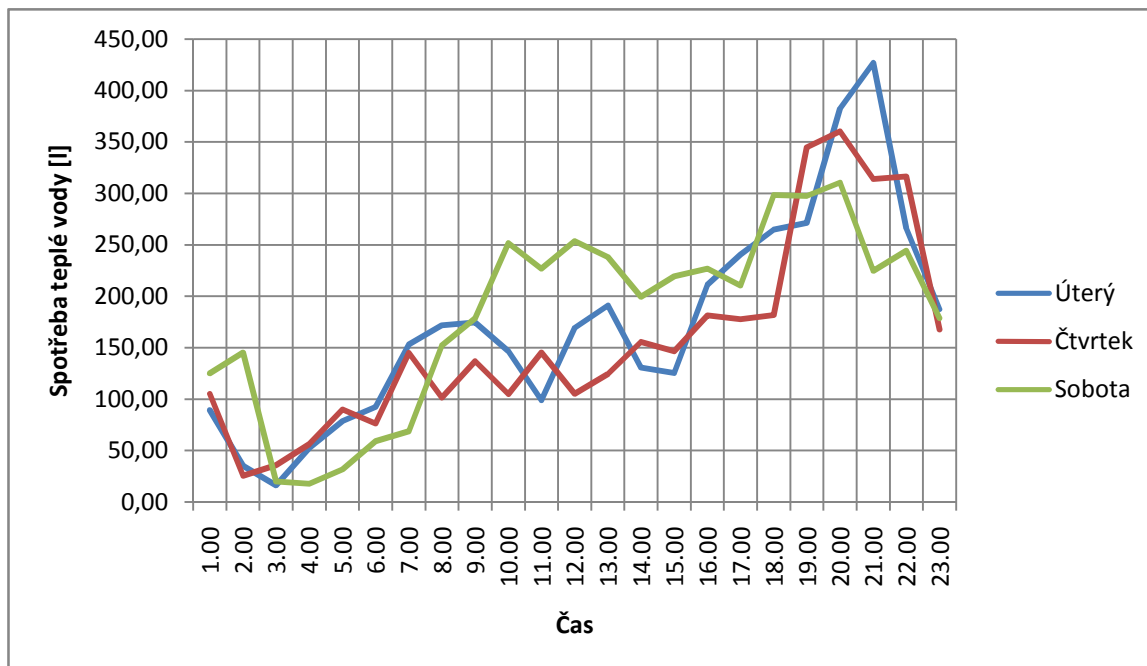
Spotřeba teplé vody za hodinu v [l] - SOBOTA

SOBOTA	2010						2011	
	17.4.	29.5.	26.6.	28.8.	23.10.	18.12.	22.1.	26.3.
1.00	30,00	37,99	153,99	135,01	155,03	159,18	166,99	161,13
2.00	73,00	45,01	154,02	9,95	135,99	143,56	302,73	296,88
3.00	9,00	67,99	1,98	10,01	2,01	18,55	8,79	41,02
4.00	4,00	0,00	2,01	33,02	13,98	25,39	45,90	17,58
5.00	34,00	9,00	5,00	54,99	56,03	28,32	12,69	53,71
6.00	66,99	52,98	44,98	75,01	40,95	123,05	44,92	23,44
7.00	71,01	54,02	261,02	44,98	19,04	44,92	34,18	21,48
8.00	148,99	57,98	216,98	44,98	159,97	89,84	448,24	50,78
9.00	319,00	170,01	77,00	121,03	138,00	212,89	181,64	208,01
10.00	191,00	200,01	316,01	205,02	233,03	218,75	356,44	292,97
11.00	82,00	208,98	104,00	166,99	139,95	275,39	564,45	271,48
12.00	250,00	188,02	231,99	277,95	254,03	272,46	215,82	336,91
13.00	216,00	267,97	172,00	195,01	375,00	198,24	228,52	250,98
14.00	250,00	86,00	221,01	187,01	208,01	325,20	151,37	166,02
15.00	130,00	185,03	169,01	309,02	230,96	291,01	237,31	203,13
16.00	243,00	116,97	121,98	156,01	279,05	185,55	458,98	251,95
17.00	55,00	187,01	129,03	110,96	208,98	434,57	269,53	288,09
18.00	345,00	182,01	256,99	190,00	271,00	195,31	426,76	518,55
19.00	191,00	334,99	394,99	208,01	258,97	468,75	371,09	152,34
20.00	386,00	315,00	246,00	203,00	310,00	437,50	209,96	375,98
21.00	231,00	182,98	130,00	254,03	287,05	237,31	164,06	310,55
22.00	256,00	246,00	129,00	166,99	170,96	349,61	179,69	456,05
23.00	139,00	302,00	92,01	153,02	145,02	307,62	89,84	199,22

7.3 Graf spotřeby teplé vody – sobota



7.4 Graf srovnání spotřeby teplé vody - ÚTERÝ, ČTVRTEK, SOBOTA



Konečné zhodnocení spotřeby teplé vody

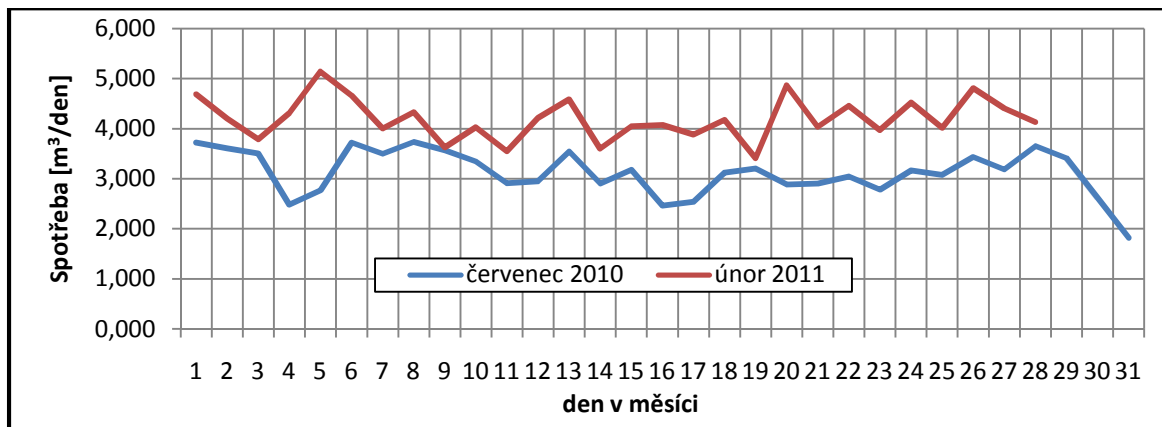
úterý	3,979 m ³	pracovní dny
čtvrtek	3,598 m ³	
sobota	4,177 m ³	víkend

Pro návrh solárních kolektorů v panelovém domě na Ulici Adamusova 1250 v Orlové-Lutyni byla zvolena hodnota průměrné denní spotřeby teplé vody pro celý bytový dům V takto :

$$V = \underline{3,918 \text{ m}^3} = \underline{4 \text{ m}^3}$$

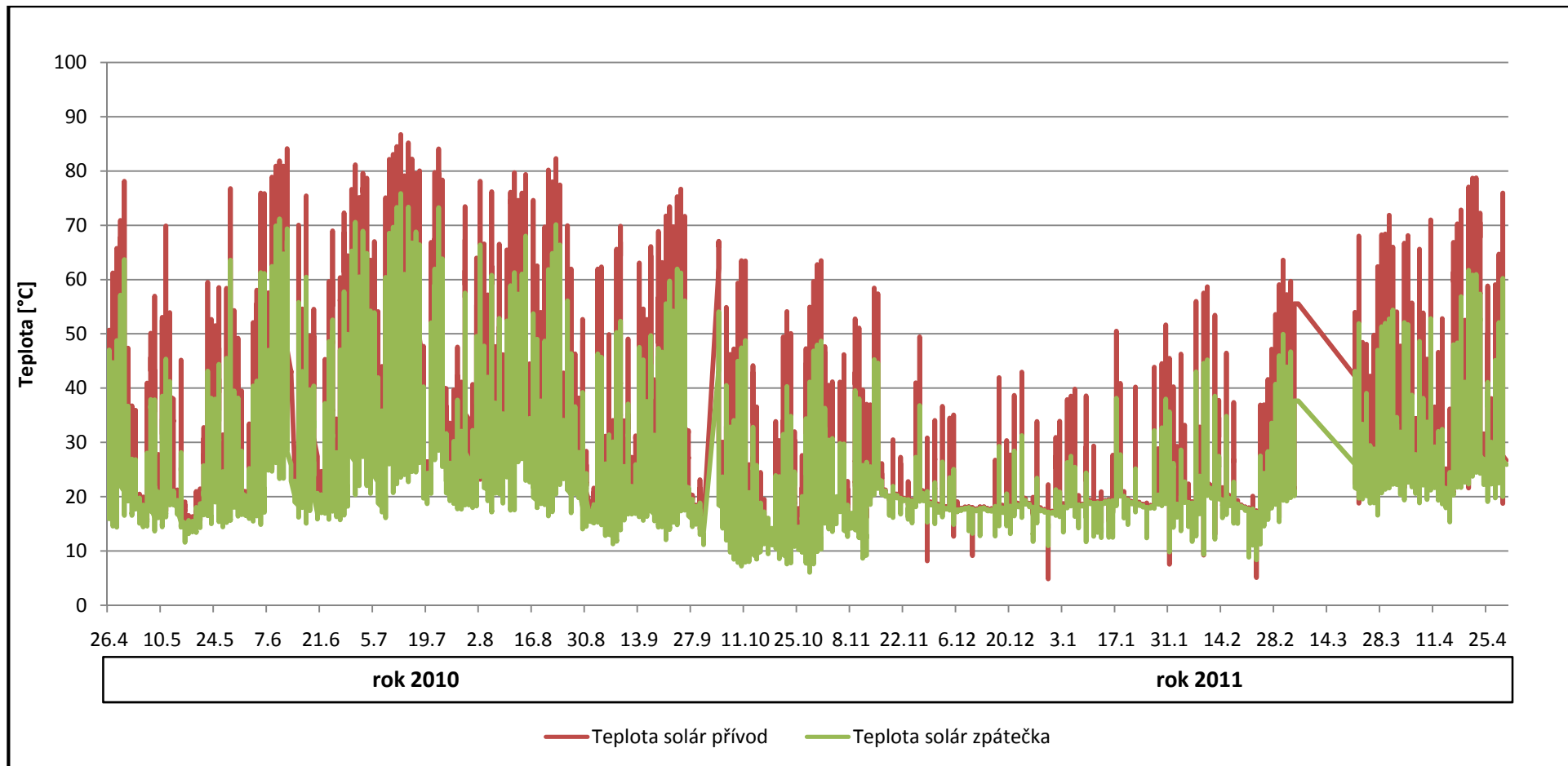
Bylo provedeno srovnání spotřeby teplé vody v letním a zimním období k porovnání, že spotřeba v letních měsících je menší, než v zimním období. V letních měsících se lidé chtějí spíše osvěžit, oproti tomu v zimním období zahřát teplou sprchou.

7.5 Graf srovnání spotřeby teplé vody v letním a zimním období



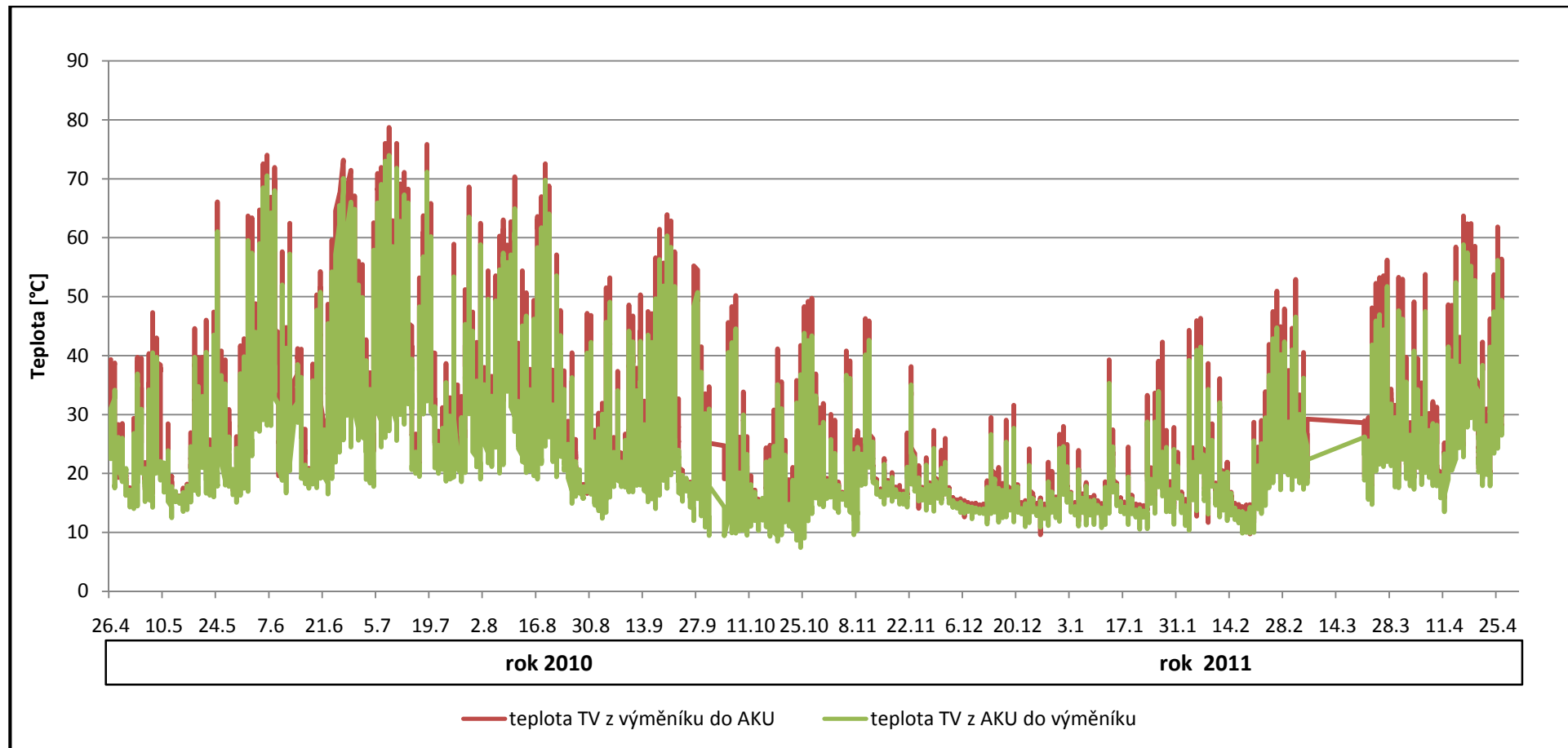
den	Měsíc [m ³ /den]	
	únor 2011	červenec 2010
1	4,690	3,727
2	4,201	3,607
3	3,782	3,506
4	4,308	2,479
5	5,144	2,768
6	4,663	3,722
7	4,001	3,501
8	4,333	3,737
9	3,623	3,571
10	4,027	3,346
11	3,547	2,909
12	4,216	2,950
13	4,586	3,546
14	3,601	2,904
15	4,050	3,179
16	4,076	2,459
17	3,883	2,536
18	4,176	3,120
19	3,407	3,205
20	4,871	2,888
21	4,033	2,904
22	4,457	3,044
23	3,971	2,780
24	4,524	3,164
25	4,014	3,077
26	4,808	3,439
27	4,404	3,186
28	4,129	3,655
29		3,408
30		2,615
31		1,815

8. Graf teplot přívodní a vratné kapaliny do DV v okruhu solárního potrubí za sledovaný rok



maximální teplota vratné kapaliny z výměníku: 75,86 °C
maximální teplota přívodní kapaliny do výměníku: 86,73 °C

9. Graf teplot teplé vody v okruhu mezi akumulárními nádržemi a deskovým výměníkem za sledovaný rok



maximální teplota teplé vody z výměníku do AKU: 78,72 °C

maximální teplota teplé vody z AKU do výměníku: 73,97 °C

10. Celkové zhodnocení reálné varianty s variantami navrženými

Celkové zhodnocení variant řešení

Varianty řešení:

- I. - Akumulační nádrže zapojeny Tiechelmanem, nízký průtok 15 l/hod.m²
- II. - Akumulační nádrže zapojeny sériově, vyšší průtok 20 l/hod.m²
- Reálné schéma zapojení na bytovém domě

U reálného schéma zapojení je na bytovém domě v Orlové zapojeno 27 ks solárních kapalinových kolektorů typu CosmoSOL 253, kdy teplo z nich je předáváno teplonosnou kapalinou přes deskový výměník. Z něj je pak teplá voda ukládána v akumulčních nádržích. Studená voda, která by měla vstupovat jak do pohotovostního zásobníku, tak i do akumulčních nádrží, vstupuje pouze do ohřívacího zásobníku, z něj pak rovnoměrně do akumulčních nádrží. Toto řešení není zcela vhodné k úplnému využití tepla ze solárních kolektorů, neboť domovní předávací stanice stále ohřívá vodu v zásobníku, a kolektory tak neslouží k prvotnímu přehřevu teplé vody. V tomto řešení slouží kolektory i jako přehřev vody pro vytápění, ale toto je třeba pouze v otopném období. Sluneční kolektory by měly sloužit jako primární zdroj přípravy teplé vody, ne jako druhotný, systém nevyužívá vše, co by mohl.

Řešená varianta II. je z hlediska připojení studené vody vyhovující. Studená voda je přivedena pouze do poslední akumulční nádrže, před kterou je napojeno zabezpečovací zařízení pro všechny 3 akumulční nádrže. V době odběru působí první akumulční nádrž spíše jako průtokový ohřev a studená vstupuje přes poslední akumulční nádobu postupně až do první. V době, kdy odběr není, se voda ukládá v akumulčních nádržích, které jsou zapojeny sériově za sebou, bez stratifikace, což umožňuje míchání naakumulovaného objemu. Při této variantě byl zvolen vyšší průtok 20 l/hod.m², který není už zcela vhodný pro použití u této soustavy, neboť se teplonosná kapalina neohřeje o vyšší Δt a tím nepředává dostatečně využitelné teplo. Ve spojení se zapojením akumulčních nádrží systém nevyužívá, vše co by mohl.

Varianta I. je nejvhodnější k použití pro bytový dům v Orlové. Je počítáno s nízkým průtokem teplonosné kapaliny 15 l/hod.m², který zaručí ohřátí teplonosné kapaliny o dostatečné Δt . Akumulační nádoby jsou zapojeny pomocí Tiechelmanova zapojení, které umožní rovnoměrné nabíjení zásobníků. Teplo je ukládáno pomocí stratifikace do dvou vrstev přes trojcestný přepínací ventil. Teplá voda se tedy udržuje v horních vrstvách a je připravena k odběru. Studená voda je připojena ke každé akumulční nádobě zvlášť a každá akumulční nádoba má svoje zabezpečovací zařízení stanovené výpočtem. Na vodovodním řádu studené vody je osazena chemická úprava vody zabraňující vznik legionel. U této varianty řešení díky nízkému průtoku vycházejí menší průměry potrubí, menší tepelné ztráty, menší výkony oběhového čerpadla.

11. Závěr

Výsledkem této diplomové práce je projektová dokumentace solárního systému pro přípravu teplé vody na ploché střeše bytového domu v Orlové. Stupeň zpracování je na úrovni prováděcí dokumentace solárního systému a studie ochrany před bleskem.

Projektem je vyřešen solární systém pro celý bytový dům v Orlové o 24 bytech.

Práce byla rozdělena do 4 hlavních částí:

- 1) Analýza tématu – zabývá se hydraulikou solárních systémů a jejich komponentů. Rozebírá tlakové ztráty jednotlivých prvků obsažených na primárním, solárním okruhu.
- 2) Aplikace tématu na zadané budově – řeší jednotlivé prvky solárního systému. Návrh počtu solárních kolektorů k pokrytí potřeby tepla pro přípravu teplé vody, dimenzování potrubní sítě solárního systému, návrh deskového výměníku, oběhových čerpadel a zabezpečovacích zařízení. Dále návrh akumulčních nádrží, pohotovostního zásobníku. Je navržena předběžná ochrana před bleskem metodou oddálených hromosvodů.
- 3) Experimentální část – analyzuje získaná data, porovnává a některá data jsou zahrnuta v samotném návrhu solárního systému.
- 4) Projekt – obsahuje výkresovou dokumentaci jednotlivých půdorysů variant řešení technické místnosti, půdorys ploché střechy, schéma zapojení technické místnosti obou variant, schéma zapojení reálného řešení na bytovém domě, měření a regulaci systému a jednotlivé řezy v technické místnosti solárního systému.

Projekt byl zpracován s ohledem na splnění daných norem a bezpečnosti při provádění.

Seznam použitých zdrojů

Knižní publikace

- [1] Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie; Dušan Petráš a kolektiv
- [2] Solární energie pro Váš dům, I. Vydání; Karel Murtinger, Jan Truxa
- [3] Solární tepelné soustavy, Sešit projektanta-pracovní podklady; Tomáš Matuška
- [8] Tabulky pro stanovení hydraulické ztráty třením v kruhovém potrubí a hydraulické ztráty místními odpory při proudění teplotně nosné kapaliny SOLAREN; Petr Kramoliš – Mojmír Vrtek
- [10] Solární soustavy pro bytové domy; Tomáš Matuška
- [11] Podjuklová, Lucie, Vytápění a větrání úsporných obytných budov: Bakalářská práce, 2010

Internetové stránky

- [4] <http://www.enbra.cz/solarni-systemy/>
- [5] http://www.econet2012.cz/ThermoSolarSystems_CollectorTypes.htm
- [6] Sluneční energie a THERMOSOLAR.pdf
- [7] www.tzb-info.cz
- [9] <http://www.bosch.sk>
- [12] www.tzb-info.cz/1949-velkoplosne-solarni-systemy
- [13] www.reflexcz.cz
- [14] www.dzd.cz/dwn/pmp-cs-okc-300-ntr-1mpa.pdf
- [15] www.taconova.cz
- [16] www.elektrorevue.cz/clanky/01049/index.html
- [17] <http://109.231.148.190/Orlova1250/Technol/Orlova1250/TechnolOrlova1250.aspx>
- [18] http://www.fsid.cvut.cz/~matustom/P4-prvky_solarnich_soustav.pdf
- [19] <http://sutulustus.com>
- [20] www.elektrika.cz
- [21] <http://tzbprodukt.eu>
- [22] www.enbra.cz

Normy a vyhlášky

- Vyhl. č. 148/2007 Sb. ze dne 18.6.2007 o energetické náročnosti budov
- Vyhl. č. 193/2007 Sb. ze dne 17.7.2007, kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu
- ČSN EN ISO 13 790 Energetická náročnost budov – výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení
- ČSN EN 12 831 Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu.
- ČSN 06 0830 Zabezpečovací zařízení pro ústřední vytápění a přípravu teplé vody
- ČSN 060320 Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody
- TNI 73 0302 Energetické hodnocení solárních tepelných soustav – Zjednodušený výpočtový postup

ČSN EN 62305-1	Ochrana před bleskem – část 1: Obecné principy
ČSN EN 62305-2	Ochrana před bleskem – část 2: Řízení rizika
ČSN EN 62305-3	Ochrana před bleskem – část 3: Hmotné škody na stavbách a nebezpečí života
ČSN EN 62305-4	Ochrana před bleskem – část 4: Elektrické a elektronické systémy ve stavbách

Příručka

Zjednodušený výpočtový postup energetického hodnocení solárních soustav; T. Matuška; 2009

Software

Microsoft Excel 2007
ArchiCAD 12

Seznam použitých zkratek a symbolů

Q_{\min}	[W]	energie pro minimální intenzitu sl. Záření, vhodnou pro chod sol. Systému
$Q_{\text{stř}}$	[W]	energie pro střední intenzitu sl. záření, topenářská příručka
Q_{\max}	[W]	energie pro maximální intenzitu sl. Záření
Δp_{zT}	[Pa]	tlaková ztráta třením
w	[m/s]	rychlost proudění teplotosné látky
ρ	[kg/m ³]	hustota teplotosné látky
d	[m]	vnitřní průměr potrubí
L	[m]	délka potrubí
λ	[-]	součinitel třecí ztráty
ξ	[-]	součinitel místní tlakové ztráty
R	[Pa/m]	tlakový spád
Δp_{zM}	[Pa]	tlaková ztráta místními odpory
Δp	[Pa]	celková tlaková ztráta
Y	[J/kg]	celková energie
g	[m/s ²]	tíhové zrychlení
H	[m]	dopravní výška čerpadla
Q_v	[m ³ /s]	objemový průtok
\bar{v}	[m/s]	střední rychlost proudění tekutiny
S	[m ²]	průřez potrubí
U_i	[V]	indukované napětí
B	[T]	indukce magnetického pole
l	[m]	délka
v	[m/s]	rychlost proudění teplotosné látky
D	[m]	průměr potrubí
$Q_{\text{pc,den}}$	[kWh/den]	měsíční potřeba tepla na přípravu TV
p	[%]	přirážka na tep. ztráty související s přípravou TV
n	[-]	počet lidí obývajících daný objekt
V	[m ³ /den]	průměrná denní potřeba teplé vody na osobu
ρ	[kg/m ³]	hustota vody
c_v	[J/kgK]	měrná tepelná kapacita vody
t_2	[°C]	teplota teplé vody
t_1	[°C]	teplota studené vody
η_k	[-]	účinnost kolektoru
α_1	[W/m ² .K]	lineární součinitel tepelné ztráty
α_2	[W/m ² .K ²]	kvadratický součinitel tepelné ztráty
t_{es}	[°C]	prům. venkovní teplota v době slunečního svitu
$G_{\text{T,stř}}$	[W/m ²]	stř. denní sl. ozář. uvažované plochy kolektoru o určitém sklonu a orientaci
η_0	[-]	optická účinnost kolektoru
t_m	[°C]	střední teplota teplotosné látky v kolektoru

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Hydraulika solárních systémů

q_k	[kWh/m ² .den]	denní měrný tepelný zisk z kolektorů
$H_{T,den}$	[kWh/m ² .den]	skutečná denní dávka slunečního ozáření
$H_{T,den,teor}$	[kWh/m ² .den]	teoretická denní dávka ozáření plochy
$H_{T,den,dif}$	[kWh/m ² .den]	denní dávka difúzního slunečního ozáření
A_k	[m ²]	aperturní plocha kolektoru
Q_{pc}	[kWh/den]	potřeba tepla na přípravu TV
p	[%]	přirážka na tepelné ztráty
P_k	[-]	počet kolektorů
A_{1k}	[m ²]	účinná absorpční plocha kolektoru
Q_{ku}	[kWh/měs]	teplo vyrobené kolektory za daný měsíc
M	[kg/h]	hmotnostní průtok
l	[m]	délka úseku
ζ	[počet]	součinitel vřazených odporů
R	[Pa/m]	tlaková ztráta třením
Z	[Pa]	tlaková ztráta vřazenými odpory
Δp_v	[Pa]	tlaková ztráta ventilů
Δp_{dis}	[Pa]	dispoziční tlak
h	[m]	převýšení nejvyššího bodu soustavy nad neutrál. bodem
Δp_z	[kPa]	tlak. ztráta mezi NB a nejvyšším bod. ve směru proudění
p_k	[kPa]	konstrukční přetlak
V_s	[l]	objem vody v soustavě
V_k	[l]	objem vody v kolektorech
p_e	[kPa]	provozní přetlak
p_d	[l]	objem vody v kolektorech
p_o	[kPa]	plnicí přetlak
p_{ot}	[kPa]	otevírací přetlak
h_s	[m]	výška od neutrální roviny po odvdz. ventil kolektoru
β	[-]	součinitel objemové roztažnosti
Q_p	[kW]	pojistný výkon
k	[kW/mm ²]	konstanta syté vodní páry
a	[-]	součinitel zvětšení sedla
$Q_{ku,sl}$	[kWh/rok]	teplo, které měly kolektory vyrobit ve sledovaném roce
$Q_{kv,sl}$	[kWh/rok]	teplo, které kolektory vyrobily ve sledovaném roce
$Q_{kv,t}$	[kWh/rok]	teplo, které by kolektory vyrobit měly za statických podmínek
λ_{iz}	[W/(m.K)]	tepelná vodivost izolace
d_e	[m]	vnější průměr potrubí
s_{iz}	[m]	tloušťka tepelné izolace
α_e	[W/(m ² .K)]	součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu tepelné izolace
U	[W/(m.K)]	minimální součinitel prostupu tepla z teplotnosné látky izolací potrubí do okolí
$U_{o,vyhl}$	[W/(m.K)]	určující součinitel prostupu tepla vztažený na jednotku délky potrubí

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Hydraulika solárních systémů

Q_z	[kW]	zimní provoz výměníku
Q_L	[kW]	letní provoz výměníku
O	[m ³]	objem technické místnosti
$V_{sp,z}$	[m ³ /s]	průtok vzduchu pro větrání s minimální výměnou vzduchu
t_i	[°C]	výpočtová teplota vnitřní
t_e	[°C]	výpočtová teplota venkovní
H_T	[W/K]	měrná tepelná ztráta větráním
H_V	[W/K]	měrná tepelná ztráta prostupem
$t_{i,z}$	[°C]	teplota vzduchu v místnosti za návrhových podmínek pro zimu
$t_{i,L}$	[°C]	teplota vzduchu v místnosti za návrhových podmínek pro léto
V_L	[m ³ /h]	průtok vzduchu pro léto pro zajištění odvodu tepla
n	[/h]	výměna vzduchu v místnosti
S	[m ²]	velikost otvoru
V_z	[m ³]	velikost zásobníku
ΔQ_{max}	[kWh]	maximální rozdíl křivek dodávky a odběru tepla
A	[m ²]	teplosměnná plocha výměníku
V_{2p}	[m ³ /den]	denní potřeba teplé vody
Q_{2t}	[kWh]	odebrané teplo
Q_{2z}	[kWh]	ztracené teplo
L	[m]	délka úseku potrubí
Δt	[°C]	maximální teplotní rozdíl
α	[K ⁻¹]	součinitel teplotní roztažnosti
ΔL	[m]	dilatace
L_B	[m]	výpočet ohybového kompenzátoru
t'_1	[°C]	teplota ohřívající teplotonosné kapaliny na vstupu do výměníku
t'_2	[°C]	teplota ohřívané teplotonosné kapaliny na vstupu do výměníku
t''_1	[°C]	teplota ohřívající teplotonosné kapaliny na výstupu z výměníku
t''_2	[°C]	teplota ohřívané teplotonosné kapaliny na výstupu z výměníku
Δt_m	[°C]	střední logaritmický rozdíl teplot
S_o	[mm ²]	průtočný průřez sedla
d_i	[mm]	průměr sedla
d_o	[mm]	průměr sedla skutečného ventilu
d_p	[mm]	výstupní pojistné potrubí
t_{stg}	[°C]	stagnační teplota

Seznam příloh

01. – SCHÉMA ZAPOJENÍ TECH. MÍSTNOSTI VAR. I
02. – PŮDORYS TECHNICKÉ MÍSTNOSTI VAR. I
03. – ŘEZ A-A, VAR. I
04. – ŘEZ B-B, VAR. I
05. – ŘEZ C-C, VAR. I
06. – SCHÉMA ZAPOJENÍ VAR. II
07. – PŮDORYS TECHNICKÉ MÍSTNOSTI VAR. II
08. – ŘEZ D-D, VAR. II
09. – PŮDORYS PLOCHÉ STŘECHY SE SOL. KOL.
10. – 3D SOLÁRNÍHO POTRUBÍ
11. – 3D TECHNICKÉ MÍSTNOSTI
12. – MĚŘENÍ A REGULACE SYSTÉMU
13. – REÁLNÉ SCHÉMA ZAPOJENÍ NA BD