

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA STROJNÍ
Katedra energetických zařízení



LADISLAV ŠRÁMEK

Návrh ohřevu teplé užitkové vody pomocí solárních kolektorů
The proposal for the engineering solution of water heating
by solar collectors

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Petr Novotný, CSc.

Rozsah práce:	63 stran
Počet stran:	45
Počet obrázků:	12
Počet tabulek:	9
Počet grafů:	13
Počet příloh:	13 stran

Anotace

Práce se zabývá solárním ohřevem teplé užitkové vody. Je v ní uvedeno několik variant solárních okruhů pro konkrétní bytový dům v Liberci. Jednotlivé varianty jsou porovnány z hlediska ekonomické výhodnosti.

Klíčová slova:

Solární, sluneční, kolektor, teplá užitková voda, TUV

Annotation

The work deals with the engineering solution of water heating. There are described some alternative solar circles for using in a real flat house in Liberec. The proposed variants are compared according to their profitability.

Keywords:

Solar, collector, water heating

Tady bude zadání od katedry.

Místopřísežné prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména §60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL, v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

Declaration

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. Applies to my thesis in full, in particular Section 60, School work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec (TUL) is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL of this fact; in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with the use of the acknowledged sources and on the basis of consultation with the head of the thesis and a consultant.

Date

Signature

Obsah

Anotace.....	II
Annotation	III
Mistopřísežné prohlášení.....	V
Obsah	1
Použité jednotky a symboly.....	3
Použité zkratky.....	3
Úvod	4
1. Způsoby využití sluneční energie.....	6
Sluneční energie.....	6
a) Fotovoltaické panely	7
b) Zrcadlový systém	8
c) Sluneční kolektory	9
Sluneční kolektory na výrobu TUV	10
Sluneční kolektory běžně dostupné na našem trhu	10
2. Problematika solárních systémů.....	13
High-Flow systém.....	15
Low-Flow systém.....	15
Matched-Flow systém.....	16
Zamezení zamrznutí teplotosné tekutiny	16
Orientace a sklon slunečních kolektorů	17
Spotřeba TUV	18
3. Teoretický výkon solárního okruhu	20
Energie slunečního záření	20
Energie zachycená slunečním kolektorem	24
4. Bytový dům.....	28
5. Náhrada stávajícího ohřevu TUV ohřevem plynem	30
Náklady na ohřev TUV plynem.....	30
6. Návrh solárního okruhu	31
Varianty podle použitého teplotosného média.....	31
Varianta V.....	31
Varianta S.....	32
Varianta SV.....	33
Varianty podle ročního pokrytí	34
Varianty podle orientace ke světovým stranám	34
7. Popis konkrétních variant.....	35
Varianta V minimální pokrytí	35
Varianta V střední pokrytí	36
Varianta V maximální pokrytí	37
8. Výpočet vyrobené energie jednotlivými variantami.....	38

9. Posouzení efektivnosti návrhu	40
Závěr	43
Seznam použité literatury	44
Seznam příloh.....	45

Použité jednotky a symboly

	označení	zákonné SI jednotky		další jednotky
teplota	T	K	Kelvin	°C
Intenzita záření	I	W/m^2		
čas	t	s	sekunda	den
tok energie	G	W	Watt	
plocha	A	m^2		
účinnost	η, η_0	-		
konstanta kolektoru	a_1	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$		
konstanta kolektoru	a_2	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-2}$		

Použité zkratky

TUV – teplá užitková voda

NPV – (net present value) současná hodnota

KEZ - Katedra energetických zařízení

TUL – Technická univerzita v Liberci

ČHMÚ - Český hydrometeorologický ústav

Úvod

Neustále rostoucí ceny všech energií a celospolečenské očekávání ekologické katastrofy, ve formě globálního oteplování, přivádí mnoho lidí k myšlence na přímé využití sluneční energie. Je to energie, která pohání většinu klimatických pochodů na Zemi. Ještě dlouho po zániku lidstva bude zdrojem energie pro zelené rostliny a hnacím motorem pro vznik životodárných dešťů, větru roznášejícího rostliny i živočichy daleko od jejich původního stanoviště, ale bude vytvářet ničivé bouře, tornáda a záplavy přinášející jedněm život a druhým zkázu.

V poslední době hlavně Evropská unie hledá cestu nejenom k získávání energie pro přírodu šetrným způsobem, ale i k nezávislosti na okolním, zatím přátelském světě.

Státy podporují stavbu větrných elektráren, elektráren na spalování biomasy a i u nás se staví fotovoltaické sluneční elektrárny. Stoupá počet lidí pořizujících si na své domy solární kolektory na přípravu teplé užitkové vody a i na přitápění. Státní dotace až do 50 tis. Kč na postavení solárního ohřevu vody, nebo na přitápění, je z hlediska malých solárních sestav jistě zajímavá částka, když se investiční náklady pohybují okolo 60 až 100 tis. Kč. V diplomové práci jsem chtěl na příkladu konkrétního bytového domu v Liberci analyzovat ekonomickou výhodnost solárního ohřevu nebo předehřevu teplé užitkové vody.

Využití sluneční energie pomocí kolektorů může snížit spotřebu fosilních paliv, která by byla spálena třeba ve středu města, což by přineslo větší množství znečišťujících látek do životního prostředí obyvatel.

Solární kolektory získávají energii v místě její spotřeby pouze s minimálními energetickými nároky na chod čerpadel. Účinnost slunečních kolektorů se pohybuje okolo 50%, na rozdíl od fotovoltaických článků, které dosahují účinnosti okolo 10% a jejich výroba je nejenom dražší, ale i podstatně energeticky náročnější.

S případnými přebytky energie nebo jejím nedostatkem se musí vyrovnat provozovatel solárních kolektorů sám. To se zdá přirozené, ale není tomu tak u dodávek elektrické energie z fotovoltaických elektráren a z větrných elektráren. Tyto elektrárny dodávají elektrický proud do přenosové sítě, když svítí sluníčko nebo když fouká vítr. S případným přebytkem nebo poklesem výkonu v síti při zapojení uvedených zdrojů se musí vyrovnat přenosová soustava. Tato energie je od výrobců vykupována za dotovanou cenu. Bohužel tuto cenu platíme my všichni i provozovatelé slunečních kolektorů.

„Experimentováním“ se spalováním biopaliv se vystavujeme nebezpečí, že do našeho životního prostředí budeme vypouštět dioxiny a v horším případě i těžké kovy a tak využití slunečního záření, spalování zemního plynu, teplo a elektrická energie vyrobená ve spalovnách odpadů s dobrým čištěním spalin a využitím popílku jsou zdroje, které naše životní prostředí zatěžují nejméně. Cílem mé diplomové práce je posoudit možnost využití slunečního záření na ohřev teplé užitkové vody a nahrazení ohřevu teplé užitkové vody Libereckou teplárnou ohřevem na zemní plyn v konkrétním bytovém domě.

1. Způsoby využití sluneční energie

Sluneční energie

Energie pochází ze Slunce, které je 150 mil. km vzdálené od Země. Slunce má tvar koule o průměru 1,4 mil. km, teplota na jeho povrchu (ve fotosféře) je 6000 K. Celkový tok energie, který Slunce vyzáří je $3,85 \cdot 10^{+14}$ TW, díky tomu klesne jeho hmotnost každou sekundu o $4,27 \cdot 10^{+09}$ kg (což je z hlediska hmotnosti Slunce zanedbatelné). Na Zemi dopadne pouze 175 004 TW záření. Přibližně 34% záření se ihned odrazí. Zbylých 66% (115 503 TW) se na Zemi účastní tepelných pochodů a časem se také vyzáří do kosmického prostoru, ale jako tepelné záření. Toky energie ze Slunce jsou obrovské, pouze minimum energie na Zemi nepochází ze Slunce.

Energii slunečního záření je možné zachytit několika způsoby a to pomocí

- a) Fotovoltaického panelu
- b) Slunečního kolektoru
- c) Zrcadlového systému

a) Fotovoltaické panely

Zachycení energie záření je realizováno pomocí fotoelektrického jevu. Po dopadu světla na rozhraní dvou materiálů se vytváří elektrické napětí. Výhodou fotovoltaických článků je přímá přeměna slunečního záření na elektrickou energii. Nevýhodou jsou relativně vysoké pořizovací náklady a to že většina fotovoltaických článků dokáže vyrobit jen srovnatelné množství energie s energií, která se spotřebovala při jejich výrobě. Proto našly uplatnění zejména v odlehlých místech ve kterých není velká spotřeba elektrické energie, jak je uvedeno v následujících příkladech viz obrázky č. 1 a 2.



Obrázek č. 1 zařízení na čerpání vody ze studně pro dobytek, pumpa čerpá 7 litrů vody za minutu, výkon solárních panelů je 120 W. Cena celého zařízení je 1 800 USD.[15]

Obrázek č. 2 vesmírná loď Sojuz s panely slunečních článků o ploše 14 m², dodávající 1.4 kW.[16]



Účinnost přeměny energie u fotovoltaických článků se pohybuje okolo 10%.

b) Zrcadlový systém

Sluneční energie je koncentrována zrcadly do jednoho místa, nebo linie. V tomto místě se přeměňuje energie záření na teplo a zahřívá tekutinu, která pohání parní turbínu nebo Stirlingův motor, jak je uvedeno v následujících příkladech viz obrázky č. 3, 4 a 5.



Obrázek č. 3 solární elektrárna využívající ke své činnosti vyleštěné žlaby parabolického tvaru (zrcadla), v jejichž ohnisku jsou vedeny trubice, v nichž proudí pracovní médium (voda, olej), které se soustředěným slunečním zářením ohřívá na teplotu až 300 °C. Kalifornské solární elektrárny tohoto typu mají výkony až 350 MW. Více než 90 % solární elektrické energie se vyrábí v elektrárnách tohoto typu. [15]

Obrázek č. 4 solární elektrárna Solar Two v Kalifornii má 1 926 zrcadel, výška věže je 104 metrů, mletá sůl se v ní ohřívá až na teplotu 1 500 °C. Elektrická energie se zde vyráběla v konvenčním parogenerátorem o výkonu 10 MW. Solární elektrárna Solar Two v současnosti funguje jako detektor gama paprsků vznikajících jako Čerenkovovo záření energetických částic kosmického původu vnikajících do zemské atmosféry. [15]



Obrázek č. 5 takzvaný „solární talíř“ je menší variantou solární elektrárny. Zde se sluneční světlo soustřeďuje několika zrcadly (většinou parabolického tvaru) do společného ohniska, kde se dosahuje teplot v rozmezí 600 °C až 800 °C. K přeměně tepelné energie na mechanickou se používá nejčastěji Stirlingův stroj pohánějící generátor. Typický výkon elektrárny tohoto typu je 5 kW až 25 kW. [15]

c) Sluneční kolektory

Sluneční záření dopadne na absorbér, kde se přemění na teplo a zahřívá tekutinu, která se používá na vytápění nebo přípravu TUV. Účinnost této přeměny energie se pohybuje kolem 50%. Kolektory jsou konstruovány buď celistvě (plošné kolektory) nebo z několika trubic (trubicové kolektory). Médium které proudí kolektorem může být vzduch, voda, nebo různé druhy nemrznoucích směsí na bázi vody. Dále mohou být samotížné, ale většinou jsou s nuceným oběhem.



Obrázek č. 6 plochý sluneční kolektor na ploché střeše. Slouží k předehřevu TUV v jednom z objektů firmy ETA a.s. v Hlinsku. [19]

Obrázek č. 7 Trubicové sluneční kolektory na střeše budovy B Technické univerzity v Liberci. [2]



Sluneční kolektory na výrobu TUV

Slouží k zachycení sluneční energie, kterou předává teplotonosnému médiu (např. vodě). Sluneční energie je zachycena na absorberu, který má tmavou barvu a asi 10% dopadající energie se z absorberu odrazí, zbylá energie ohřívá prostor kolektoru, část energie je předána proudícímu médiu a část odejde jako tepelná ztráta do okolí kolektoru. Kolektory mohou být opatřeny selektivním nátěrem, který pohlcuje přibližně stejně dopadajícího světelného záření, ale ve větších vlnových délkách vyzařuje podstatně méně nežli tmavé těleso, tím se snižují tepelné ztráty sáláním. Tepelné ztráty prostupem tepla se snižují tepelnou izolací ze spodu a z boku kolektoru, tepelné ztráty zasklenou částí se snižují dvojitým zasklením, nebo odsátím vzduchu (vakuum) z prostoru kolektoru a selektivním nátěrem absorberu.

Absorbéry jsou obvykle vyráběny z mědi anebo hliníku. Jako izolace se většinou používá skleněná vata nebo různé formy PU a vakuum. Rám absorberu nebo celá vana je nejčastěji z hliníku, plastu nebo oceli, ale může být i ze dřeva.

Jako teplotonosné médium je výrobci doporučována především nemrznoucí směs, dá se použít ale i voda.

Sluneční kolektory běžně dostupné na našem trhu

Solární kolektory na ohřev TUV se vyrábějí pro nucený oběh teplotonosného média, ale můžeme se setkat se samotížným systémem ohřevu, které je možno použít např. u rekreačních objektů se sezónním využitím.

Z výrobního hlediska můžeme rozdělit sluneční kolektory na celoroční použití na dva druhy:

Ploché kolektory

Trubicové kolektory

Ploché kolektory mají větší optickou účinnost (pohlcují více světelného záření) a vykazují vyšší účinnost v teplých slunných dnech.

Trubicové kolektory mají díky tomu, že je z jejich vnitřku vysán vzduch, menší tepelné ztráty prostupem tepla. Mají vyšší účinnost při nízkých teplotách okolního vzduchu než ploché kolektory, ale jsou podstatně dražší.

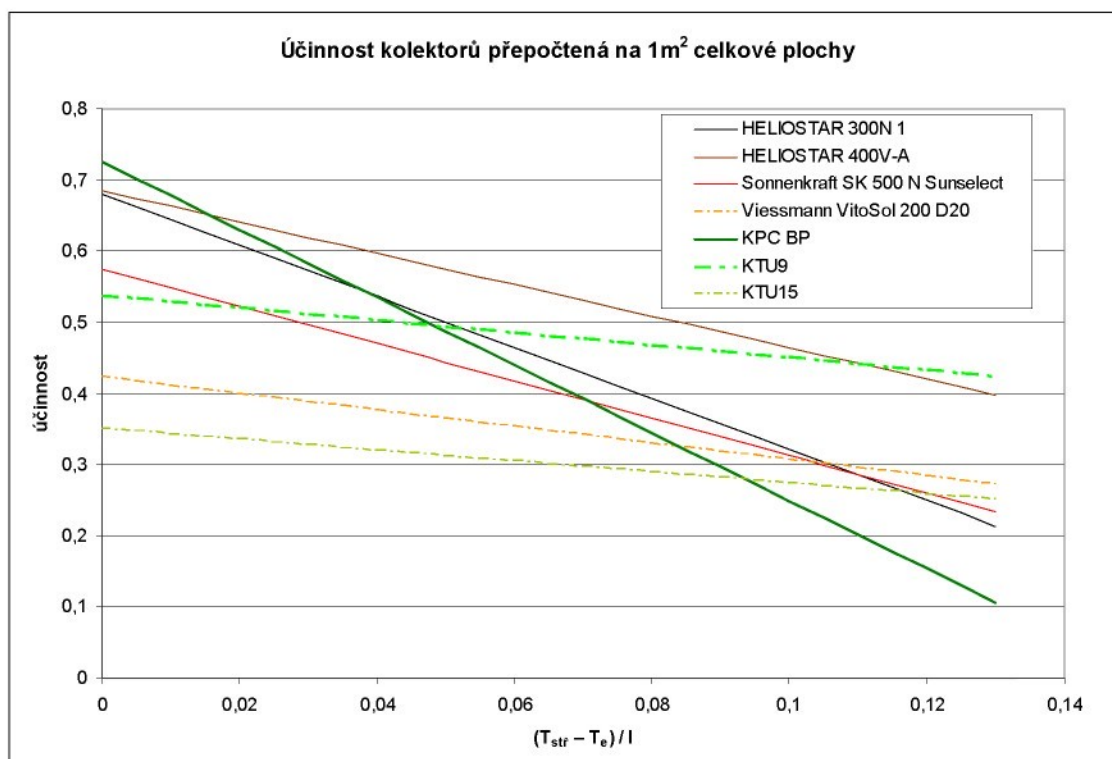
Na našem trhu existuje množství firem vyrábějící a prodávající sluneční kolektory, několik je jich uvedeno v tabulce č. 1. Jejich účinnost je vynesena v grafech č. 1 a 2. Cena za vyrobenou kWh energie v Liberci, při sklonu 45° a orientaci na jih vychází u trubicových kolektorů dvakrát až pětkrát draž než u plochých kolektorů od stejné firmy.

Tabulka č. 1 několik vybraných solárních kolektorů, které se prodávají v ČR. Jedná se o ploché (bez zvýraznění) a trubicové (šedě zvýrazněné) kolektory s nuceným oběhem kapaliny. Konstanty η_0 , a_1 , a_2 jsou vztaženy k absorpční ploše. [2],[12]

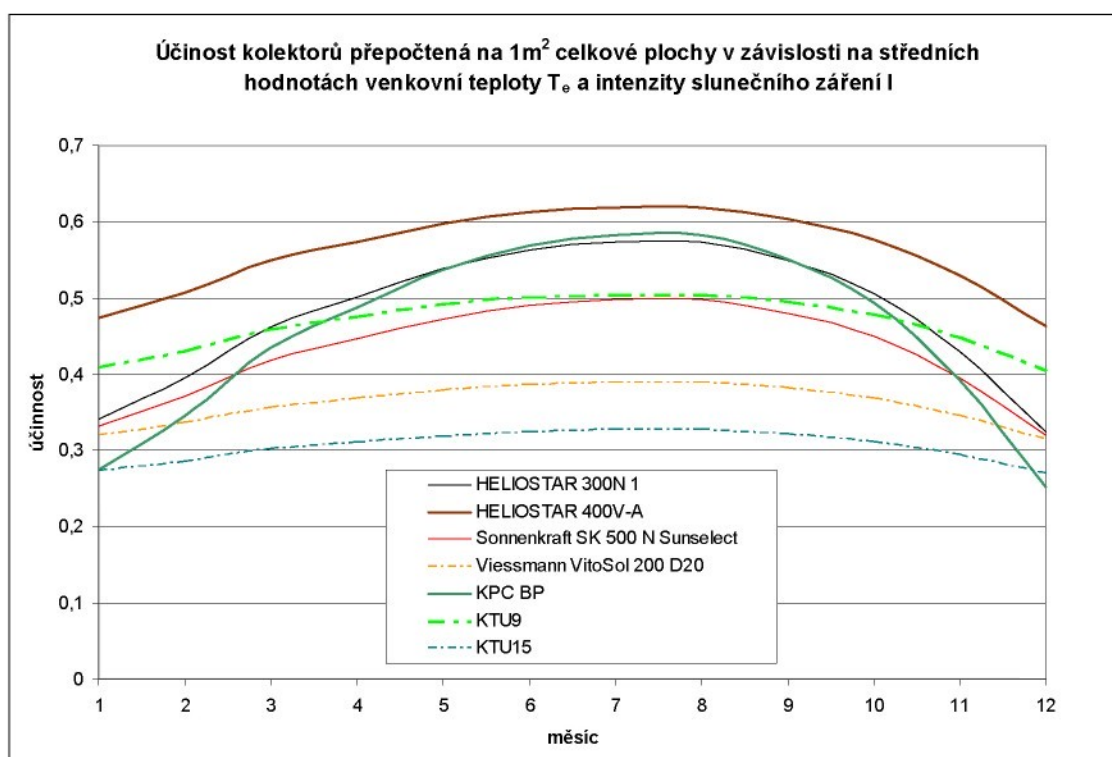
výrobce	model	celková plocha (m ²)	absorbční plocha (m ²)	η_0 (-)	a_1 (W.m ⁻² .K ⁻¹)	a_2 (W.m ⁻² .K ⁻²)	klidová teplota (°C)	cena bez DPH (Kč)
kolektory v solární laboratoři katedry energetických zařízení								
<i>termo solar</i>	HELIOSTAR 300N 1	2,024	1,742	0,79	4,17	0,011		8 400
<i>Systemtechnik GmbH</i>	HELIOSTAR 400V-A	2,03	1,717	0,81	2,61	0,008		14 200
<i>Sonnenkraft Vertriebs GmbH</i>	Sonnenkraft SK 500 N Sunselect	2,573	2,173	0,681	3,11	0,0061	210	14 900
<i>Viessmann Werke GmbH & Co</i>	Viessmann VitoSol 100 S2.5	1,795	2,5	0,781	3,74	0,0064	213	
	Viessmann VitoSol 200 D20	2,897	2,031	0,603	1,65	0,0015	300	48 710
	Viessmann VitoSol 300	2,93	1,977	0,572	0,94	0,0039	150	63 680
<i>Reflex</i>	NBC 18 A	1,824	1,57				200	6 248
	FSC 24	2,37	2,14					13 490
<i>GreenOneTec</i>	VK25	2,57	2,36				270	34 900
<i>Regulus</i>	KPC BP	2	1,74	0,834	5,479	0,015	145	7 790
	KTU9	2,67	0,672	2,137	3,477	0,07	182	22 350
	KTU15	2,66	1,22	0,764	1,666	0,008	257	24 900

Průběhy účinnosti kolektorů několika vybraných kolektorů jsou uvedeny v grafech č. 1 a č. 2. U trubicových kolektorů (čerchovaná čára) nedochází se snížením venkovní teploty k tak velké změně účinnosti, ale mají horší účinnost nežli ploché kolektory (plná čára) vztaženou na celkovou plochu tak i na celkovou cenu. Nejvyšší účinnosti dosahuje kolektor HELIOSTAR 400 od firmy Termo-solar, je to sice plochý kolektor, ale s vakuovou izolací.

Graf č. 1 závislost účinnosti kolektorů na teplotě a intenzitě záření.



Graf č. 2 průběh účinnosti kolektorů během roku, určená z průměrných měsíčních hodnot teploty vzduchu a intenzity záření v Liberci.



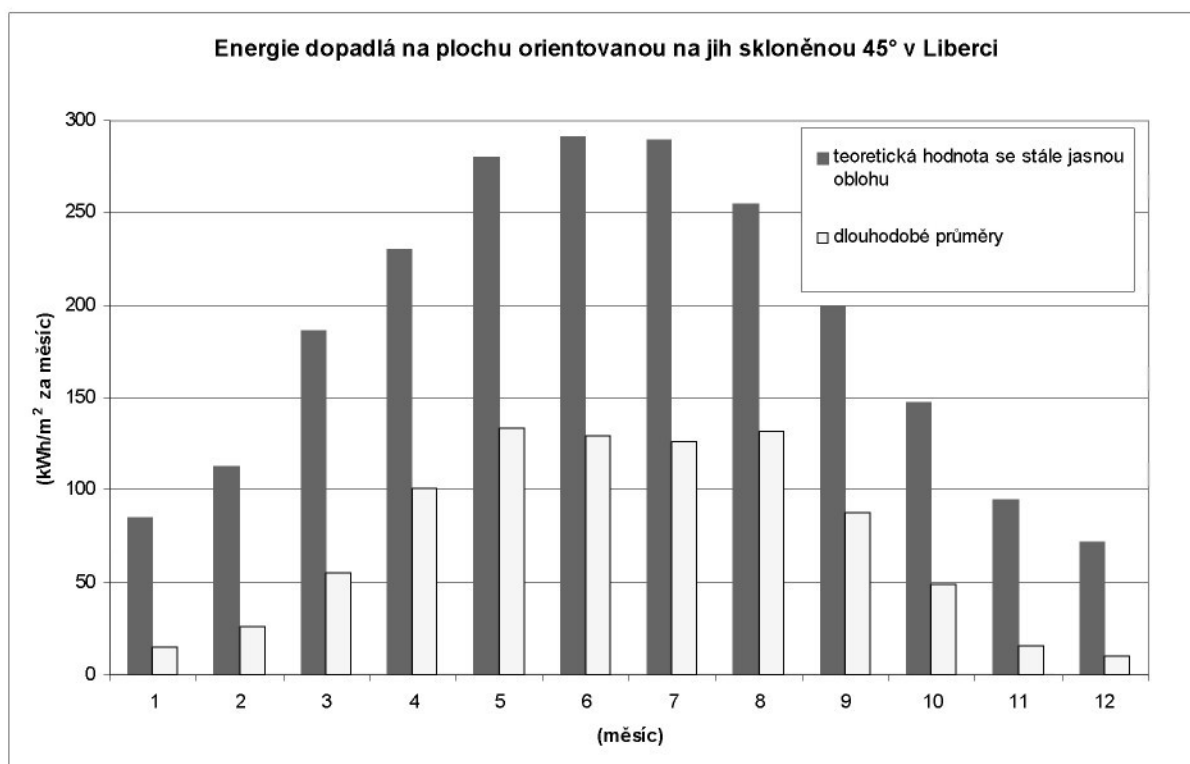
2. Problematika solárních systémů

Jeden z nejvyšších problémů solárních systémů je způsoben závislostí výkonu na počasí a na ročním období.

I když by se uvažovala jasná obloha bude se měnit intenzita slunečního záření nejen během dne (nejvyšší bude v poledne a v noci nebude žádná), ale bude se odlišovat i v různých dnech během roku. Okolo letního slunovratu je teoretické doba, kdy svítí slunce přes 16 hodin a v době zimního slunovratu méně než 8 hodin.

Skutečná doba slunečního svitu bude nižší díky oblačnosti, v České republice je nejvyšší oblačnost většinou v zimních měsících (např. $t_{\text{skut}}/t_{\text{teo}} = 0,15$) a nižší v letních měsících (např. $t_{\text{skut}}/t_{\text{teo}} = 0,54$), jak je vidět na grafu č. 3.

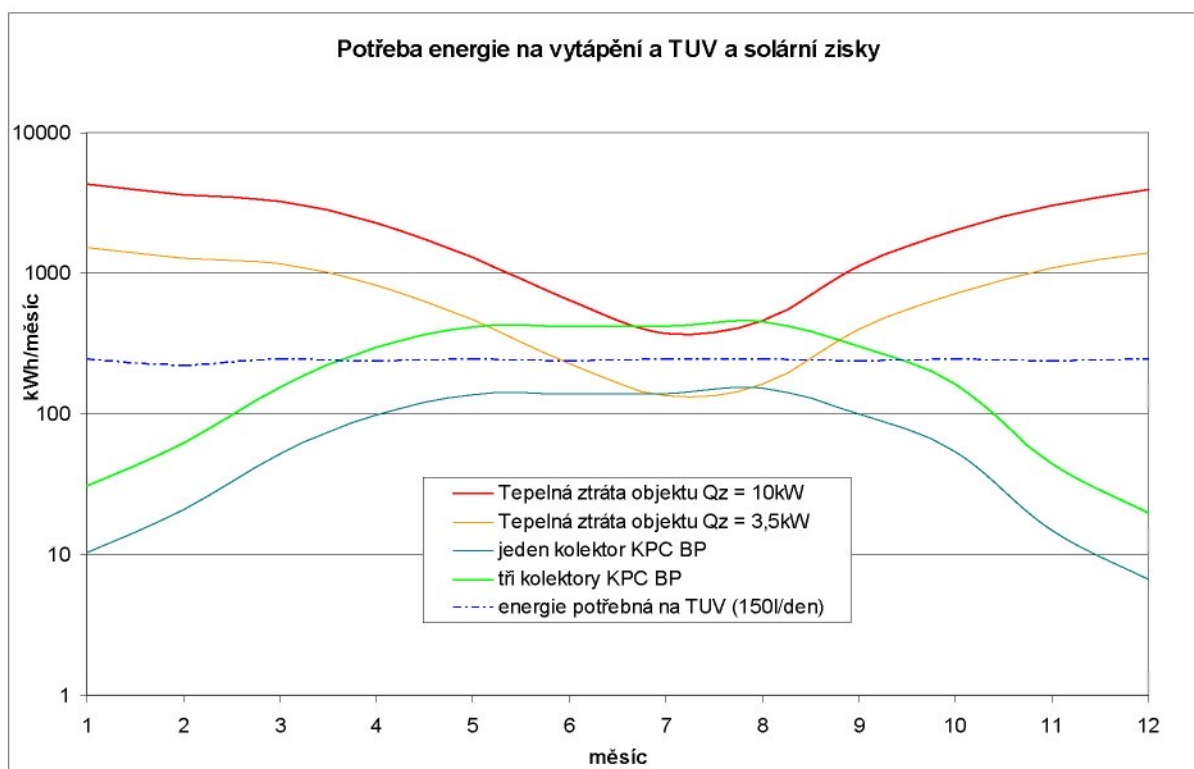
Graf č. 3 množství slunečního záření, které dopadne na 1m^2 plochy skloněné 45° od vodorovné roviny a orientované na jih ve stejné zeměpisné šířce jako je Liberec s „reálnou“ (průměrnou oblačností v Liberci) a bez oblačnosti (přibližně odpovídající poušti na severu Mongolska).



Výkon slunečních kolektorů je ještě závislý na teplotě okolí. Při nižší teplotě okolí (větším rozdílu teplot mezi okolím vzduchem a ohříváním médiem) klesá účinnost kolektorů jak je patrné z tabulky č. 4.

Výše uvedené problémy se projeví nejvíce u solárních systémů určených na vytápění, kdy je největší potřeba tepla v zimě a to je současně i nejméně sluneční energie. Ale projeví se i přípravě TUV, kde je potřeba tepla po celý rok přibližně stejná. Potřeba energie na vytápění a přípravu TUV a solární zisky jsou uvedeny v grafu č. 4.

Graf č. 4 Příklad průběhu potřeby tepla na vytápění a TUV během roku a možnost pokrytí potřeby energie solární soustavou. Poznámka: svislá osa je v logaritmickém měřítku.



Největším problémem u solárních soustav je vysoká počáteční investice.

Podle plochy kolektorů se dají solární soustavy na přípravu TUV rozdělit

- ohřev TUV pouze pomocí kolektorů
- použití i s jiným zdrojem tepla, který bude v provozu hlavně v zimních měsících
- použití pouze na předehřátí vody

Soustava, která bude vodu na TUV pouze předehřívát bude nejlevnější, cena soustavy bude přibližně lineárně růst až do 50% ročního pokrytí výroby TUV. Pro dosažení

vyššího pokrytí je pak zpravidla nutné zvolit větší sklon kolektorů a samozřejmě zvýšit jejich počet.

Podle rychlosti průtoku teplotního média můžeme solární systémy rozdělit na

- High-Flow systém
- Low-Flow systém
- Matched-Flow systém

High-Flow systém

[14] Optimální zisky se dosahují při průtocích 30 až 70 l/hod na m² plochy kolektorů. Tím dochází ke zvýšení teploty v kolektorech o 8 až 12°C při plném slunečním záření. Průtok je závislý na nastavení regulace a stejně tak čerpadla. Malá zvýšení teploty mají tu výhodu, že je kolektor provozován s dobrou účinností. Aby teplotní médium dosáhlo vyšší teploty, musí oběhnout systémem vícekrát, tzn. že zásobník je vyhříván jen pomalu, takže dosažení požadované teploty trvá déle. Menší solární soustavy jsou dnes provozovány převážně tímto způsobem.

Low-Flow systém

[14] Jsou kolektorové soustavy pracující se značně snížením průtokem média v solárním okruhu. Při sníženém průtoku se silně zvýší teplota kolektorů a to až o 50°C. Aby se tato výhoda plně využila, náleží Low-Flow systému zásobník s nabíjením ve vrstvách. U tohoto systému se používají trubky s menším průměrem. To vede k menším tepelným ztrátám a cenovým úsporám. Rozdíl oproti High-Flow systému 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 u systému High-Flow. Aby nedocházelo k tomu, že kolektor pracuje při vyšších teplotách s horší účinností udržuje se teplota na vstupu do kolektorů tak nízká, jak je to jen možné. Velké soustavy jsou dnes téměř bez výjimky dimenzovány pro provoz v Low-Flow systému. Při optimálně vyladěných komponentech a zejména při dobrém vrstvení tepla v zásobnících, jsou oproti High-Flow systému možné vyšší výnosy až o 20%. Při Low-Flow systému se průtok kapaliny pohybuje v rozmezí 8-15 l/m² hod.

Matched-Flow systém

[14] Vychází z myšlenky, spojit výhody obou dvou systémů tedy z Low-Flow technikou docílit dostatečně vysoké teploty a s High-Flow optimalizované výnosy. Specifický průtok kapaliny leží u dosud realizovaných systémů v mezí 10 - 40 l/m² hod.

Zamezení zamrznutí teplotnosné tekutiny

Dalším problémem je tuhnutí vody při 0°C. Jinak by byla voda ideálním teplotnosným médiem, hlavně díky ceně a netoxicitě. Tento problém se dá vyřešit buď vypuštěním vody z části solárního okruhu tzv. Drain-Back systém, která je vystavená venkovní teplotě, nebo použitím nemrznoucí směsi místo vody jako teplotnosného média. Porovnání teplotnosných médií je uvedeno v tabulce č. 2.

Tabulka č. 2 porovnání některých vlastností nemrznoucí směsi (KOLEKTON P SUPER od firmy Regulus [12]) a vody [3].

Nemrznoucí směs KOLEKTON P SUPER				Voda		
teplota (°C)	hustota (kg/m ³)	kinematická viskozita (mm ² /s)	měrná tepelná kapacita (kJ.kg ⁻¹ .K ⁻¹)	hustota (kg/m ³)	kinematická viskozita (mm ² /s)	měrná tepelná kapacita (kJ.kg ⁻¹ .K ⁻¹)
0	1052	20	3520	999,8	1,79	4220
20	1038	5	3610	998	1,01	4183
80	992	1,1	3810	972	0,37	4199

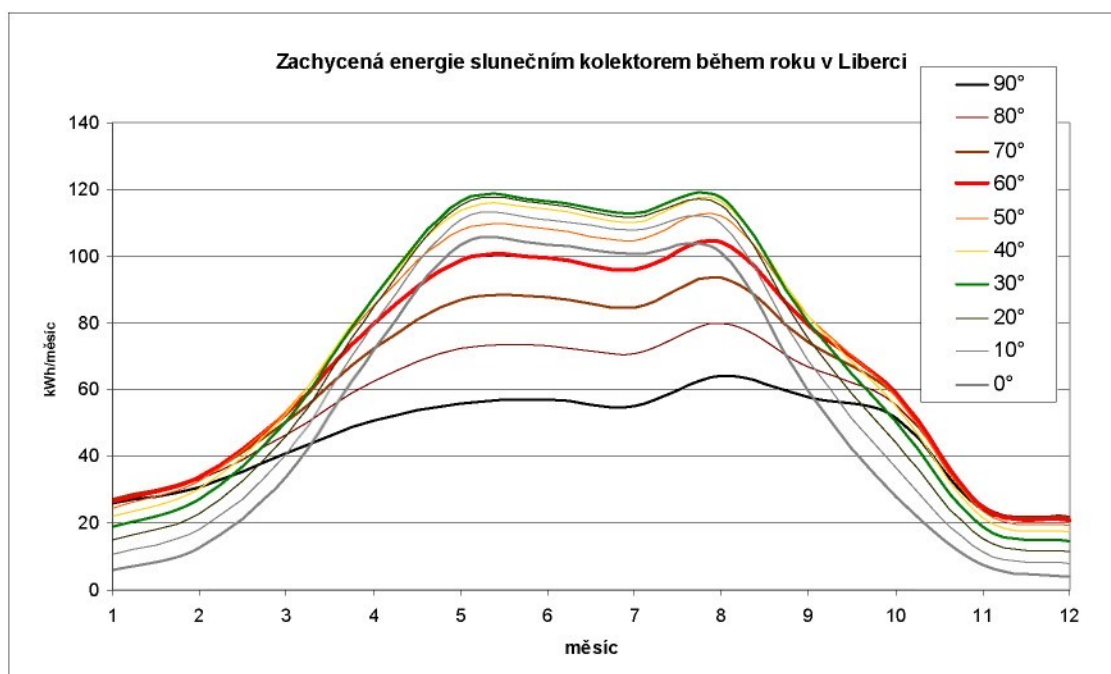
Drain-Back systém

[14] V klidovém stavu, když není sluneční záření dostatečné, teplotnosné médium vyteče z kolektorů do úměrně velké záchytné nádrže a kolektory zůstanou prázdné. Při příštím naběhnutí čerpadla se kapalina znovu načerpá do kolektorů. Jako teplotnosná kapalina může být použita čistá voda. Systém je velmi bezpečný protože varu nebo zamrznutí kapaliny lze zamezit vypnutím čerpadla.

Orientace a sklon slunečních kolektorů

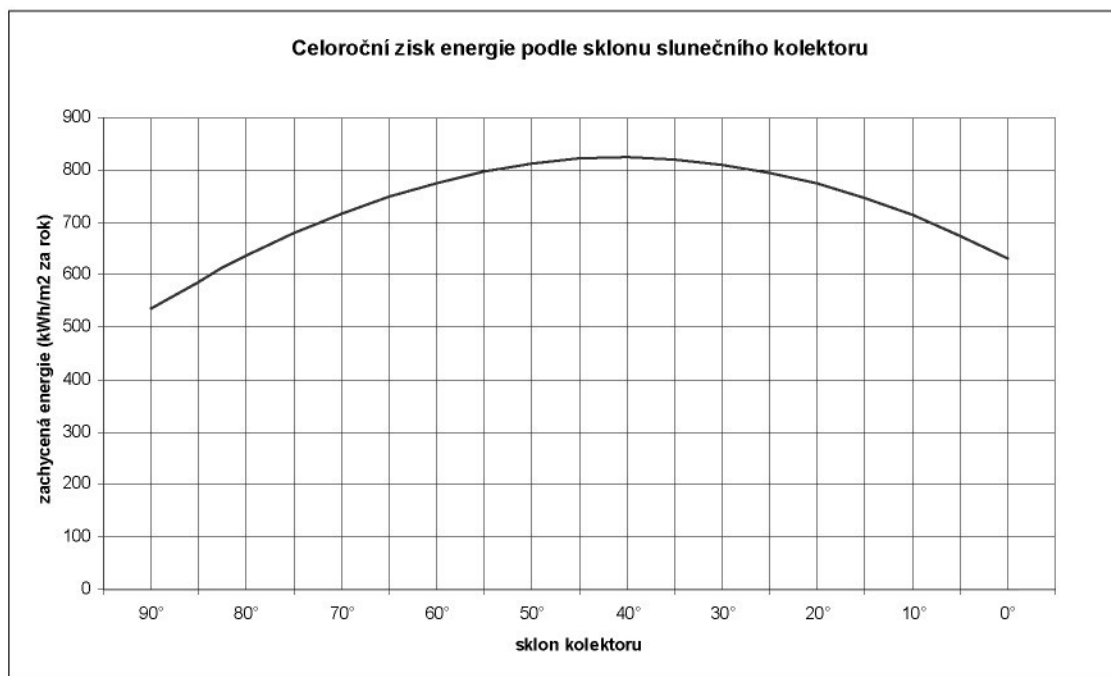
Intenzita slunečního záření za jasné oblohy je maximální v pravé poledne. Na severní polokouli je slunce v poledne na jižní straně. Proto se orientace kolektorů volí pokud možno na jižní stranu, nebo jihozápadní protože v odpoledních hodinách je vyšší teplota vzduchu, pak tedy pracuje kolektor s vyšší účinností a může zachytit více energie. Příklad ročního průběhu zachycené energie je uveden v grafu č. 5.

Graf č. 5 roční průběh výkonu solárního kolektoru orientovaného na jih s různým sklonem od vodorovné roviny.



Sklon kolektorů do jisté míry závisí na velikosti pokrytí spotřeby TUV, nebo pro vytápění. Pro maximální zisky během celého roku je podle grafu č. 6 nejlepší sklon 40° (30° až 50°). Pro soustavu provozovanou pouze v létě je nejlepší sklon okolo 30° a pro soustavu provozovanou pro vytápění s vysokým stupněm pokrytí je potřeba volit vyšší sklon kolektorů (60° až 90°).

Graf č. 6 celkového ročního zisku v závislosti na sklonu kolektoru v Liberci.



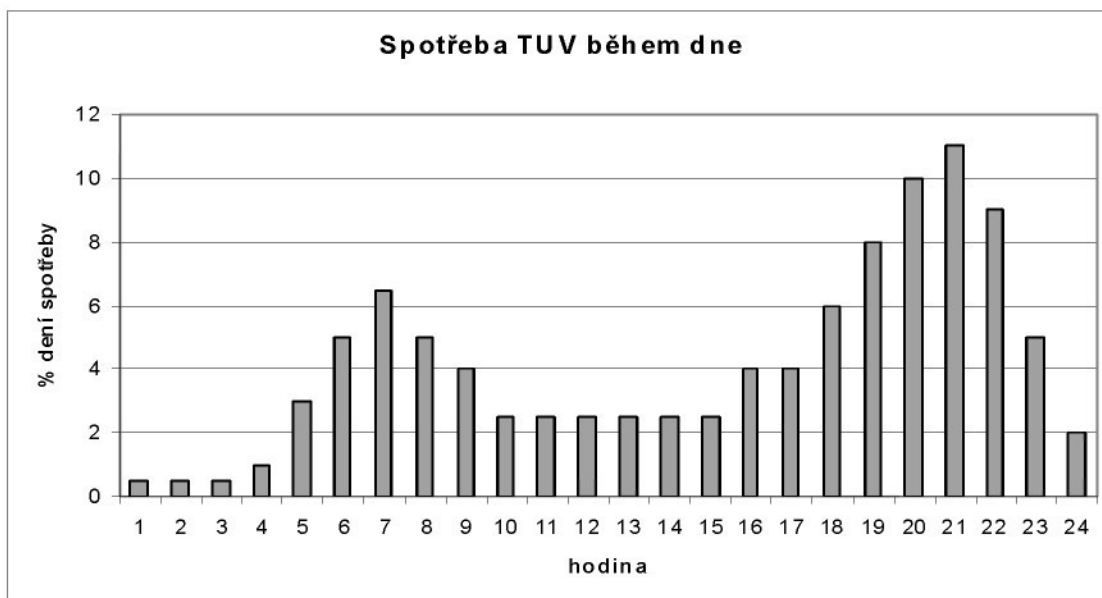
Spotřeba TUV

Správné stanovení spotřeby TUV může mít velký vliv na efektivitu solárního systému. Nejpresnější metodou na stanovení spotřeby TUV je dlouhodobé měření. Toto měření nebylo k dispozici, proto bylo nutné vypočítat množství TUV s pomocí hodnot uváděných v literatuře [10,11] a porovnat s fakturační hodnotou za spotřebovanou vodu a teplo celého konkrétního domu.

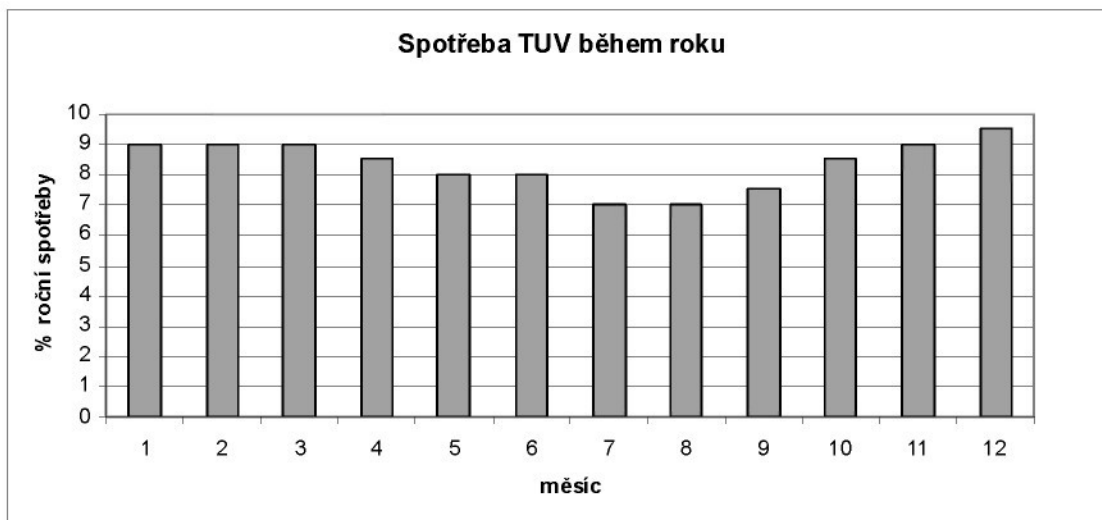
Průměrná denní spotřeba TUV, při spotřebě 50 litrů na osobu vychází pro celý dům na 6 m³.

Spotřeba TUV není během dne konstantní, její průběh orientačně zachycuje graf č. 7, není konstantní i v průběhu roku viz graf č. 8.

Graf č. 7 teoretická spotřeba TUV během dne. [10]



Graf č. 8 teoretická spotřeba TUV během roku. [10]



Graf č. 8 ukazuje průběh spotřebovaného množství TUV během roku. Z něho je patrný pokles spotřeby TUV o cca 25% v letním období na kterém se podílejí: školní prázdniny a dovolené, vyšší teploty pitné vody v letním období a chování obyvatel v teplejším období preferující sprchu před vanou.

3. Teoretický výkon solárního okruhu

Energie slunečního záření

[1] Slunce vyzařuje energii do prostoru přibližně jako černé těleso o teplotě 6000 K. Největší část vyzařené energie tedy připadá na vlnové délky $0,2 \cdot 10^{-6}$ až $3 \cdot 10^{-6}$ m (světelné a infračervené záření). Na hranici atmosféry je průměrná intenzita slunečního záření $I_0 = 1360 \text{ W/m}^2$.

Průchodem atmosférou se intenzita záření snižuje, dochází k rozptylu paprsků odrazem o molekuly plynů a částčky prachu a k absorpci záření víceatomovými plyny (např. vodní párou, CO_2 , ozónem) obsaženými v atmosféře. Mírou tohoto zmenšení intenzity slunečního záření je součinitel znečištění atmosféry Z , který závisí na obsahu příměsí ve vzduchu a na atmosférickém tlaku (nadmořské výšce).

Součinitel znečištění atmosféry Z je dán Linkeho vztahem

$$Z = (\ln I_0 - \ln I_n) / (\ln I_0 - \ln I_k) \quad (3.01)$$

kde I_0 - intenzita slunečního záření na hranici atmosféry (sluneční konstanta)

I_n - intenzita záření na plochu kolmou ke slunečním paprskům při daném znečištění ovzduší

I_k - intenzita záření na plochu kolmou ke slunečním paprskům při dokonalé čistém ovzduší

Za normálních okolností lze počítat s průměrnými hodnotami Z

- $Z = 3$ pro venkov bez průmyslových exhalací
- $Z = 4$ pro města a průmyslová střediska
- pro vysoko položená místa lze počítat i s hodnotou menší než $Z = 3$

Intenzita slunečního záření

Mírou energetického účinku slunečního záření je intenzita záření dopadajícího na povrch Země, to je na plochu pod vrstvou atmosféry. Intenzita přímého záření na plochu kolmou ke směru paprsků I_{pn} je poněkud menší než je intenzita na hranici atmosféry I_0 . Část rozptýleného záření dopadá na povrch Země jako difúzní záření I_d .

Směr dopadu slunečních paprsků

Poloha Slunce je dána jeho výškou nad obzorem h a jeho azimutem a . Pro jejich výpočet se používá následujících rovnic:

$$\sin h = \sin \delta \cdot \sin \varphi + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \tau \quad (3.02)$$

$$\sin a = \sin \tau \cdot \cos \delta / \cos h \quad (3.03)$$

kde δ - sluneční deklinace, zeměpisná šířka, kde je v daný den slunce kolmo nad obzorem

φ - zeměpisná šířka

τ - čas (časový úhel) měřený od 12 hodiny (pravé poledne), jedné hodině odpovídá 15°

Sluneční deklinace se během roku mění, pro každý den má jinou hodnotu

$$\delta = 23,45^\circ \cdot \sin (0,98^\circ \cdot D + 29,7^\circ \cdot M - 109^\circ) \quad (3.04)$$

kde D - den v měsíci

M - měsíc

Úhel dopadu slunečních paprsků γ na obecně položenou plochu

$$\cos \gamma = \sin h \cdot \cos \alpha + \cos h \cdot \sin \alpha \cdot \cos (a - a_s) \quad (3.05)$$

kde α - úhel sklonu osluněné plochy od vodorovné roviny

a_s - azimutový úhel normály osluněné plochy měřený od jihu ve směru otáčení hodinových ručiček

Intenzita přímého záření na plochu kolmou ke směru paprskům

$$I_{pn} = I_0 \cdot A^{-Z} \quad (W/m^2) \quad (3.06)$$

kde $A = e^{1/\varepsilon}$

$$\varepsilon = (9,38076 \cdot [\sin h + (0,003 + \sin^2 h)^{0,5}]) / (2,0015 \cdot [1 - H \cdot 10^{-4}]) + 0,912018$$

h - výška slunce nad obzorem

H - nadmořská výška daného místa

Intenzita přímého záření na obecně položenou plochu

$$I_p = I_{pn} \cdot \cos \gamma \quad (W/m^2) \quad (3.07)$$

kde γ - úhel dopadu paprsků na osluněnou plochu

Intenzita difúzní záření

$$I_D = (1 - \cos \alpha) \cdot I_{Dh} / 2 + (1 + \cos \alpha) \cdot r \cdot (I_{Ph} - I_{Dh}) / 2 \quad (3.07)$$

kde r – reflexní schopnost okolních ploch pro sluneční paprsky ($r = 0,15$ až $0,25$ nejčastěji $r = 0,2$)

I_{Ph} – intenzita přímého slunečního záření na vodorovnou plochu

I_{Dh} – intenzita difúzního záření na vodorovnou plochu

$$I_{Ph} = I_{Pn} \cdot \sin h \quad (3.08)$$

$$I_{Dh} = 0,33 \cdot (I_0 - I_{Pn}) \cdot \sin h \quad (3.09)$$

Intenzita celkového slunečního záření

$$I = I_P + I_D \quad (3.10)$$

Energie dopadající na osluněnou plochu

Teoreticky možné množství energie za den je

$$Q_{\text{den teor}} = \int_{t_1}^{t_2} I \, dt \quad (3.11)$$

kde t_1 – sluneční čas východu slunce

t_2 – sluneční čas západu slunce

$t_2 - t_1$ představuje teoretickou (astronomickou) dobu slunečního svitu t_{teor} .

Střední intenzita slunečního záření během dne

$$I_{\text{stř}} = 1/t_{\text{teor}} \cdot \int_{t_1}^{t_2} I \, dt = Q_{\text{den teor}} / t_{\text{teor}} \quad (3.12)$$

Skutečné množství energie

Teoretické množství energie $Q_{\text{den teor}}$ dopadá na osluněnou plochu jen ve slunečný den, kdy slunce svítí nepřetržitě po celou teoreticky možnou dobu slunečního svitu. Takový případ je v našich klimatických podmínkách poměrně vzácný. Nejčastěji se během dne střídá jasná obloha s oblohou zataženou mraky. Při jasné obloze působí na osluněnou plochu intenzita celkového záření $I = I_P + I_D$, ale při zatažené obloze pouze intenzita difúzního záření I_D .

Pokud se počítá s dlouhodobými klimatickými údaji, není obvykle známo časové střídání fáze „jasno“ a „zataženo“, ale pouze skutečná doba slunečního svitu t_{skut} za delší časové období, např. za měsíc. Pak lze vyjádřit poměrnou dobu slunečního svitu

$t_{\text{skut}}/t_{\text{teor}}$ a skutečné množství energie dopadající na osluněnou plochu za průměrný den vypočítat ze vztahu:

$$Q_{\text{den}} = t_{\text{skut}}/t_{\text{teor}} \cdot Q_{\text{den teor}} \quad (3.13)$$

Při tomto postupu se ovšem zanedbává energie dopadající v časové fázi „zataženo“ při působení difúzního záření. To má však jen malý vliv na konečnou hodnotu Q_{den} a proto lze přibližný postup v praxi připustit, kromě toho ploché kolektory nejsou schopny zachycovat záření s příliš malou intenzitou (pouze difúzní záření).

Skutečné množství energie dopadlé za měsíc

$$Q_{\text{mēs}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{den } i} = t_{\text{skut}} / t_{\text{teor}} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{\text{den teor } i} \quad (3.14)$$

kde i – index dne

n – počet dní v daném měsíci

Pro výpočet skutečné energie, která dopadne na danou osluněnou plochu je nutno znát skutečnou dobu slunečního svitu t_{skut} , nebo poměr $t_{\text{skut}}/t_{\text{teor}}$ pro dané místo. V klimatických podmínkách ČR je celková doba slunečního svitu za rok 1350 až 1790 hodin. Tato doba je na jednotlivé měsíce rozdělena nerovnoměrně.

Tabulka č. 3 klimatické podmínky v Liberci [13]

	1961-1991		1998-2007		2006		2007	
měsíc	$t_{\text{skut}}/t_{\text{teor}}$	T	$t_{\text{skut}}/t_{\text{teor}}$	T	$t_{\text{skut}}/t_{\text{teor}}$	T	$t_{\text{skut}}/t_{\text{teor}}$	T
1	0,14	-2,5	0,18	-1,01	0,37	-4,7	0,13	3,2
2	0,21	-1,2	0,23	0,03	0,25	-2,7	0,15	2,4
3	0,27	2,3	0,30	2,81	0,29	0	0,41	4,9
4	0,33	6,6	0,44	8,33	0,37	7,8	0,66	9,6
5	0,37	11,7	0,48	13,34	0,44	12,5	0,47	14,2
6	0,36	14,8	0,45	16,03	0,51	16,9	0,42	17,5
7	0,38	16,2	0,43	17,58	0,70	21,9	0,39	17,5
8	0,43	15,8	0,52	16,98	0,28	15,2	0,49	16,9
9	0,39	12,4	0,44	13,08	0,61	16,2	0,35	11,2
10	0,36	8,3	0,33	8,71	0,44	10,6	0,35	7,1
11	0,17	2,9	0,17	3,35	0,15	6,1	0,13	1,8
12	0,12	-0,8	0,15	-0,48	0,17	3	0,14	-0,8

$t_{\text{skut}}/t_{\text{teor}}$ - skutečná doba slunečního svitu ku teoretické

T - průměrná venkovní teplota vzduchu

V zimních měsících je skutečná doba slunečního svitu velmi krátká. To souvisí nejenom se zkrácenou teoreticky možnou dobou slunečního svitu, ale také s oblačností, která je v zimních měsících velká viz tabulka č. 3.

V letních měsících se prodlužuje teoreticky možná doba slunečního svitu a současně se také zmenšuje oblačnost. Skutečná doba slunečního svitu je v létě poměrně dlouhá.

Energie zachycená slunečním kolektorem

[1] Dopadající energie slunečního záření se zachycuje na absorpční ploše kolektoru. Absorpční plocha přiléhá k potrubí s proudící teplotonosnou kapalinou (např. voda, nebo nemrznoucí kapalinová směs), které předá tepelnou energii. Přední strana kolektoru je chráněna jedním nebo dvěma skly, na zadní straně je kolektor chráněn vrstvou tepelné izolace. Zachycená energie způsobí ohřátí teplotonosného média z teploty T_1 na vstupu na teplotu T_2 na výstupu z kolektoru. Ohřátí teplotonosné tekutiny

$$T_2 - T_1 = Q / (c_m \cdot m) \quad (3.15)$$

kde G – zachycený tok energie (W)

c_m – měrná tepelná kapacita teplotonosného média ($\text{kg J}^{-1}\text{K}^{-1}$)

m – průtok teplotonosného média (kg/s)

Množství zachycené energie G je závislé na ploše kolektoru, intenzitě záření I a na účinnosti kolektoru, respektive na jeho ztrátách.

$$G = A \cdot I \cdot \eta \quad (3.16)$$

kde η – účinnost kolektoru (-)

A – plocha kolektoru (m^2)

I – intenzita dopadajícího záření (W/m^2)

Ztráty jsou způsobeny odrazem části dopadlého záření a také rozdílem teploty kolektoru a teplotou okolí. Účinnost se pro jednotlivý typ kolektorů stanovuje experimentálně a uvádí jí většina výrobců kolektorů.

$$\eta = \eta_0 + a_1 \cdot (T_{\text{stř}} - T_e) / I + a_2 \cdot (T_{\text{stř}} - T_e)^2 / I \quad (3.17)$$

kde η_0 – optická účinnost kolektoru (-)

a_1 – konstanta kolektoru ($\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$)

a_2 – konstanta kolektoru ($\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-2}$)

$T_{\text{stř}}$ – střední teplota kolektoru ($^{\circ}\text{C}$)

T_e – venkovní teplota ($^{\circ}\text{C}$)

I – intenzita dopadajícího záření (W/m^2)

Střední teplota kolektoru je uvažována jako průměr mezi vstupní a výstupní teplotou teplotonosného média.

$$T_{\text{stř}} = (T_2 + T_1)/2 \quad (3.18)$$

Tepelné ztráty závisí jak na venkovní teplotě vzduchu tak i na jakou teplotu je zahříváno teplotonosné médium.

Tabulka č. 4 okamžitá účinnost η kolektoru KPC2 – BP pro různé provozní a povětrnostní podmínky. I – intenzita slunečního záření, T_e - venkovní teplota, T_1 - teplota na vstupu, T_2 - teplota na výstupu, G - výkon kolektoru

I	T_e	T_1	T_2	η	G
W/m^2	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	-	W/m^2
800	-10	20	80	0,45	362
800	10	20	60	0,56	446
800	10	20	40	0,58	466
800	10	20	30	0,59	475
400	-10	20	60	0,37	147
400	-10	20	30	0,47	188
400	10	20	60	0,50	199
400	10	20	30	0,57	228
200	-10	20	60	0,12	23
200	10	20	60	0,38	75

Teplota vzduchu v době slunečního svitu

Pro výpočet tepelného toku zachyceného kolektorem G je potřeba znát účinnost kolektoru η , která závisí také na teplotě okolního vzduchu. Teplota okolního vzduchu závisí především na slunečním záření a proto její denní průběh odpovídá průběhu intenzity slunečního záření jen s tím rozdílem, že teplota vzduchu se vlivem tepelné setrvačnosti povrchových vrstev Země poněkud zpožďuje za intenzitou záření. V našich klimatických podmínkách je toto opoždění 2 až 3 hodiny, maximální hodnoty dosahuje teplota vzduchu mezi 14. a 15. hodinou. Minima naopak dosahuje při východu slunce, což je zase důsledek maximálního vyzařování tepla z povrchu Země do atmosféry. Mezi maximem a minimem teploty je tedy interval v zimě 6 hodin, kdežto v létě 10 hodin. Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší denní teplotou závisí do značné míry na oblačnosti, při jasné obloze je v létě až 16°C a v zimě 10°C , kdežto při zatažené obloze jen 6°C v létě a 3°C v zimě.

Při známém denním průběhu teploty vzduchu a intenzity slunečního záření lze spočítat okamžitou hodnotu účinností kolektoru η a tím i okamžitou hodnotu toku zachyceného kolektorem. Popřípadě lze také určit střední intenzitu záření $I_{stř}$ a střední teplotu v době slunečního svitu a vypočítat střední denní účinnost kolektoru.

Většinou je však pro dané místo předem známa jen střední měsíční teplota. Potom lze okamžitou teplotu vzduchu v libovolnou hodinu dne spočítat ze vztahu

$$T_e = T_{den} + \Delta T \cdot \cos(\tau - 30^\circ) \quad (3.19)$$

kde T_{den} – střední denní teplota ($^\circ\text{C}$)

ΔT – poloviční rozdíl mezi maximální a minimální denní teplotou, hodnoty jsou uvedeny v tabulce

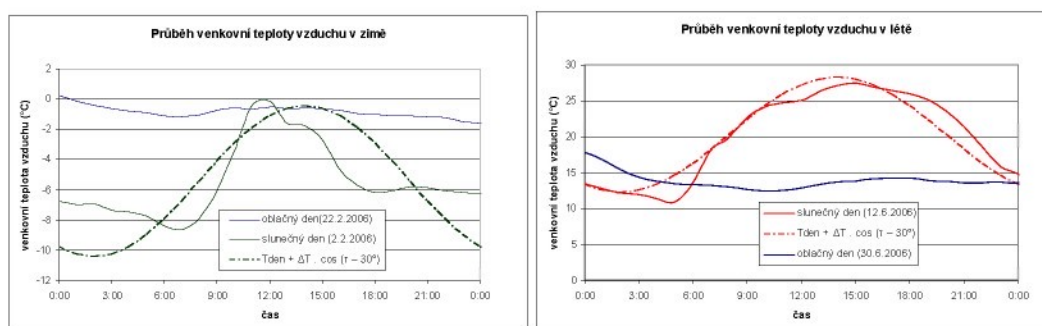
τ – časový úhel (denní hodina) měřená od 12 hodiny

Vztah platí za předpokladu, že denní průběh teploty vzduchu má tvar sinusovky a že zpoždění teploty za intenzitou slunečního záření jsou 2 hodiny.

Tabulka č. 5 předpokládaný rozdíl mezi maximální a minimální denní teplotou vzduchu. [1]

měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ΔT_{max} (K)	10	10	11	13	15	16	16	16	15	13	11	10
ΔT (K)	5	5	5,5	6,5	7,5	8	8	8	7,5	6,5	5,5	5

Grafy č. 9 průběh venkovní teploty během slunečného a zataženého dne v zimě a v létě.



Střední teplota v době slunečního záření potom je

$$T_{slun} = T_{den} + \Delta T [\sin(\tau_2 - 30^\circ) - \sin(\tau_1 - 30^\circ)] \quad (3.20)$$

Tabulka č. 6 průměrné měsíční teploty T ($^{\circ}\text{C}$)[13] a vypočtené teploty v době slunečního svitu T_{slun} ($^{\circ}\text{C}$)

	1961-1991		1998-2007		2007	
měsíc	T	T_{slun}	T	T_{slun}	T	T_{slun}
1	-2,5	1,0	-1,0	2,5	3,2	6,7
2	-1,2	2,0	0,0	3,2	2,4	5,6
3	2,3	5,3	2,8	5,8	4,9	7,9
4	6,6	9,6	8,3	11,3	9,6	12,6
5	11,7	14,5	13,3	16,1	14,2	17,0
6	14,8	17,5	16,0	18,8	17,5	20,2
7	16,2	19,2	17,6	20,6	17,5	20,5
8	15,8	19,5	17,0	20,7	16,9	20,6
9	12,4	16,5	13,1	17,2	11,2	15,3
10	8,3	12,4	8,7	12,8	7,1	11,2
11	2,9	6,8	3,4	7,2	1,8	5,7
12	-0,8	2,8	-0,5	3,1	-0,8	2,8

Ze střední teploty v době slunečního svitu a střední intenzity záření se dá spočítat účinnost kolektoru a množství zachyceného toku energie G .

Zachycená energie za měsíc je

$$G_{\text{mēs}} = A \cdot \eta \cdot t_{\text{skut}} / t_{\text{teor}} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{\text{den teor } i} \quad (3.20)$$

kde η – účinnost kolektoru, pro $I = I_{\text{stř}}$ a $T_{\text{stř}} - T_e = T_{\text{stř}} - T_{\text{slun}}$ (-)

A – plocha kolektoru (m^2)

$I_{\text{stř}}$ – střední intenzita dopadajícího záření (W/m^2)

n – počet dnů v měsíci

$t_{\text{skut}}/t_{\text{teor}}$ – poměrná doba slunečního svitu

nebo

$$G_{\text{mēs}} = A \cdot \eta \cdot t_{\text{skut}} / t_{\text{teor}} \cdot n \cdot Q_{\text{ref teor}} \quad (3.20)$$

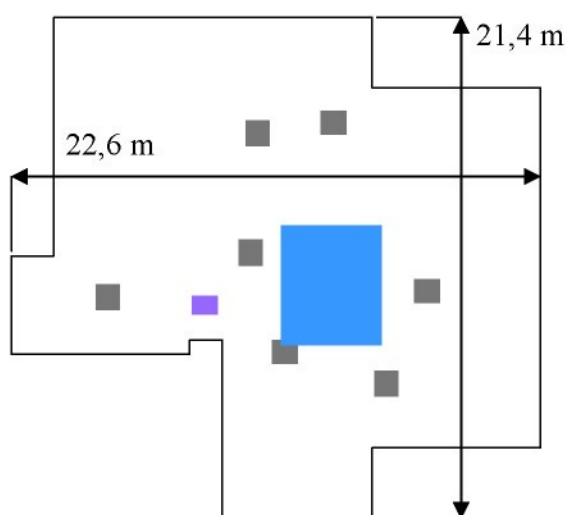
kde $Q_{\text{ref teor}}$ - střední intenzita v referenčním dnu v měsíci

4. Bytový dům

Objekt je umístěn v Liberci, Bezové ulici č.p. 277. Jedná se o starší tzv. bodový panelový dům postavený v roce 1978, který má 12 nadzemních podlaží se 71 bytovými jednotkami, I. až III. kategorie, a jedno podzemní podlaží, částečně vytápěné, ve kterém jsou skladové prostory bytů a technické prostory.

Konstrukční výška všech podlaží je 2800 mm. Obvodový plášť je nosný, celostěnový, železobetonový, u nadzemních podlaží o tloušťce 290 mm (150 mm vnitřní železobetonová vrstva, 80 mm polystyren, 60 mm vnější železobetonová vrstva; tepelný odpor $R = 1,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$), u podzemních 240 mm (150 mm vnitřní železobetonová vrstva, 40 mm polystyren, 50 mm vnější železobetonová vrstva; $R = 0,98 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$). Střecha je řešena jako dvouplášťová (minerální plst' 100 mm, střešní trámký, střešní desky železobetonové, živičná krytina, $R = 2,39 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$). Stropní panely jsou plné, železobetonové, tloušťka 150 mm, stejně jako panely stěnové. Příčky mají tloušťku 80 mm.

Do domu je zavedena elektřina, pitná voda, plyn, TUV a otopná voda (čtyř trubkový systém). V roce 2002 proběhla rekonstrukce rozvodů TUV. Rozvodné a cirkulační potrubí TUV je z polyethylenu a je izolováno (tepelná izolace MIRELON 10mm, $\lambda = 0,038 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$).



Obrázek č. 8 schéma ploché střechy panelového domu. Na střechu jsou vyvedeny stoupačky (šedé obdélníky), které vyčnívají 0,8 m nad střechu. Na střechu je také výtahová šachta (modrý obdélník), která má střechu o 3,4 m výš. Na střechu je přístup vikýřem (fialový obdélník).

V domě žije trvale okolo 120 lidí.

Dodávky elektrické energie zajišťuje firma Severočeská energetika, a.s. ze skupiny ČEZ. Dodávky zemního plynu zajišťuje Severočeská plynárenská, a.s. ze skupiny RWE. TUV a otopnou vodu dodává Teplárna Liberec, a.s..

Podle dokladu o platbě za TUV z roku 2006 činila platba za pitnou vodu 97339 Kč a za teplo 307952 Kč, přičemž z této částky představovala stálá platba 92386 Kč a cena za odebrané teplo 215566 Kč. Při ceně 52,78 Kč/m³ pitné vody a 459,26 Kč/GJ tepla vychází spotřeba 1844 m³ TUV na kterou se spotřebuje 469,4GJ tepla.

5. Náhrada stávajícího ohřevu TUV ohřevem plynem

Dům má 120 obyvatel, při spotřebě 50 l TUV na osobu za den a při nutnosti ohřát vodu z 10°C na 50°C vychází spotřeba tepla za rok 366,4 GJ/rok, pokud neuvažujeme ztráty.

Tepelné ztráty v rozvodném a cirkulačním potrubí vychází 27 GJ/rok což je asi 7%.

Energie potřebná (návrhová) na přípravu TUV je 300 kWh/den. Podle průběhu spotřeby TUV během dne uvedené v kapitole Spotřeba TUV vychází plynové spotřebiče o celkovém výkonu:

18 kW se zásobníkem na 3 m³

80 kW se zásobníkem na 0,5m³

110 kW pracující jako průtokový ohřivač.

Tomuto kritériu vyhovují tři plynové průtokové ohřivače vody od firmy Regulus INFINITY V2632FFU s maximálním výkonem jednoho ohřivače 44,5 kW. Tento ohřivač je vybaven nuceným odvodem spalin, který je možno umístit do nejnižšího podlaží bytového domu. Cena těchto tří ohřivačů vody je 107 000 Kč (s DPH, bez ceny za montáž).

Náklady na ohřev TUV plynem

Reálná spotřeba energie je 469,4 GJ/rok (v roce 2006) to je 130 MWh/rok. Náklady na zemní plyn u Severočeské plynárenské podle ceníku platného od 1.4. 2008 vycházejí 143 575 Kč za rok, přičemž 17 219 Kč/rok představuje platba za rezervovanou denní kapacitu a 126 356 Kč za odebraný zemní plyn. Při porovnání s platbou Teplárně Liberec která byla 307 952 Kč vychází roční úspora 160 tis. Kč za rok.

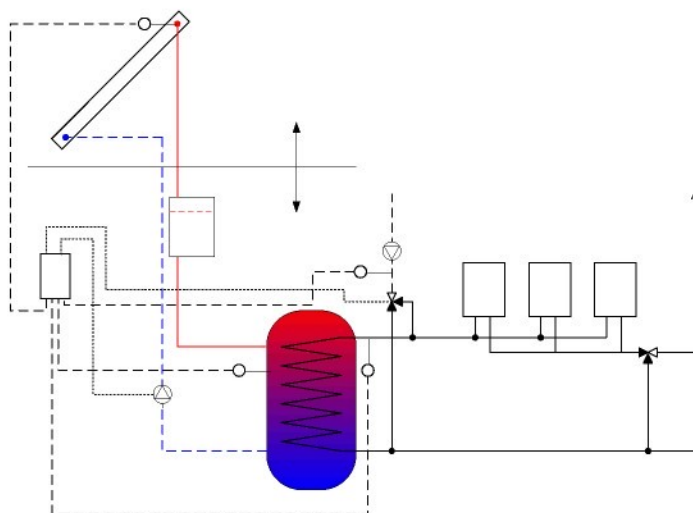
6. Návrh solárního okruhu

Požadavek na solární okruh s co možná největší bezúdržbovostí systému.

Je několik variant, které se dají realizovat. Tyto varianty se liší investičními náklady a nutností solární soustavy kontrolovat. Varianty se liší použitím teplotnosné tekutiny a velikostí soustavy (zejména kolektorové plochy).

Varianty podle použitého teplotnosného média

Obrázek č. 10 schéma solárního okruhu s vodou jako teplotnosným médiem.



Varianta V

Jako teplotnosné médium bude použita voda. Soustava bude provozována celoročně. Zamrznutí vody v části soustavy, která bude vystavena povětrnostním vlivům bude zabráněno vypuštění části vody ze soustavy, tak aby voda zůstala pouze v části soustavy, která je uvnitř budovy. K vypuštění vody dojde samovolně při zastavení chodu čerpadel (i při výpadku dodávky elektrického proudu). Voda bude cirkulovat mezi kolektory a akumulací nádobou, ve které předá tepelnou energii vodě na přípravu TUV. Exteriér

- Výhodou této varianty je použití vody, která je netoxická kapalina a má nejvyšší měrnou tepelnou kapacitu. Interiér
 - Další výhodou je nepodchlazení vody ve venkovní části systému během noci nebo v období, kdy nízká intenzita slunečního záření neumožňuje ohřát vodu na požadovanou teplotu. regulátor
- drain-back nádrž

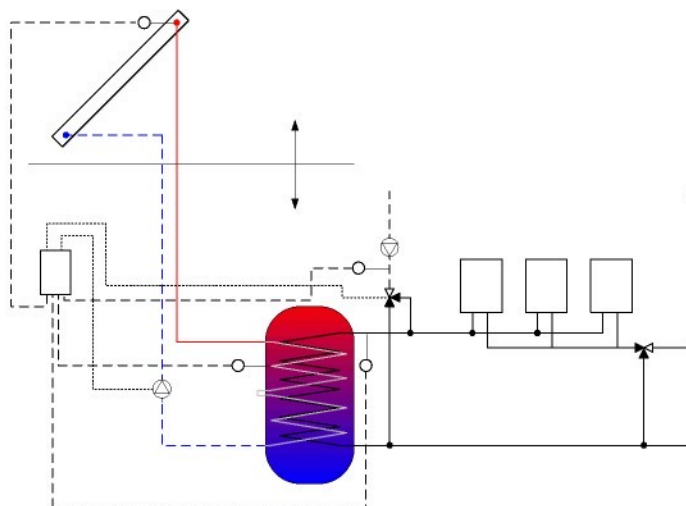
- Další výhodou je možnost při přebytcích tepla vypustit venkovní část a tím zabránit zbytečnému zvyšování tlaku v okruhu.
- Nevýhodou je přisávání vzduchu do okruhu a nutností použít korozi odolné materiály (měděné potrubí).
- Další nevýhodou může být možnost produkce hluku ve vypouštěcí části soustavy.

Varianta S

Jako teponosné médium je použita nemrznoucí směs např. Kolekton P super. Soustavu je možné provozovat celoročně. K zamrznutí tekutiny nedojde důsledkem nižší teploty tuhnutí směsi Kolekton super. Tekutina bude cirkulovat mezi kolektory a výměníkem (hadem) v akumulční nádobě, kde předá tepelnou energii vodě v akumulční nádobě.

- Výhodou této varianty je tlaková uzavřenost celého okruhu.
- Nevýhodou je nutnost předávání tepla na ohřev TUV přes vodu v akumulční nádobě.
- Další nevýhodou je toxicita směsi, jejíž složení se podle prodejce má po dvou letech kontrolovat. Tato směs nesmí být v žádném případě vypuštěna do kanalizace a musí být odborně zlikvidována.

Obrázek č. 11 schéma solárního okruhu s nemrznoucí směsí jako teponosným médiem.

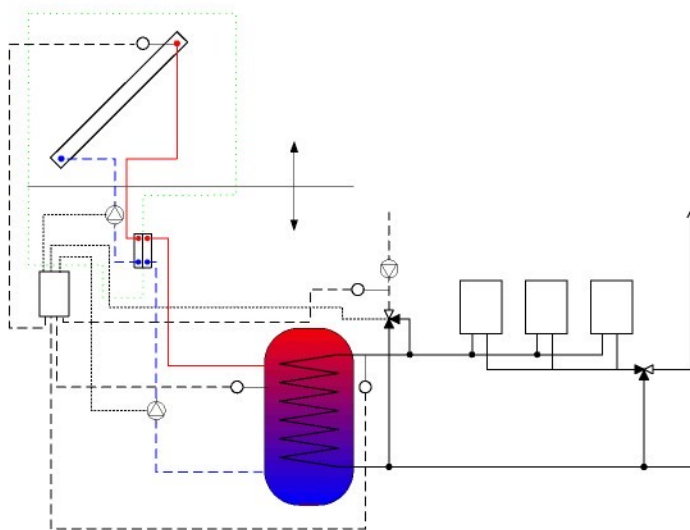


Varianta SV

Soustava je rozdělena do dvou samostatných okruhů spojených deskovým výměníkem tepla. Ve venkovním okruhu cirkuluje nemrznoucí směs např. Kolekton P super a ve vnitřním okruhu voda. Soustava bude provozována celoročně. Nemrznoucí tekutina bude cirkulovat mezi kolektory a deskovým výměníkem, kde předá teplo vodě, která bude cirkulovat mezi deskovým výměníkem a akumulací, ve které předá tepelnou energii vodě na přípravu TUV

- Výhodou proti variantě S je použití menšího množství nemrznoucí směsi a lepší přenos tepla v akumulaci.
- Výhodou proti variantě V je tlaková uzavřenost celého okruhu.
- Nevýhodou je nutnost dimenzovat dva okruhy, tj. nutnost použití většího množství čerpadel.
- Další nevýhodou je toxicita směsi, jejíž složení se podle prodejce má po dvou letech kontrolovat. Tato směs nesmí být v žádném případě vypuštěna do kanalizace a musí být odborně zlikvidována.

Obrázek č. 12 schéma solárního systému rozděleného do dvou okruhů, kde ve venkovním okruhu je nemrznoucí směs a ve vnitřním okruhu je použita voda jako teplotní médium.



Výpočty a ekonomické hodnocení jsou provedeny pouze pro varianty V (tedy pro vodu). Varianty S a SV by byly investičně nákladnější a musely být bohatě zabezpečeny

proti případnému přehřátí z důvodů zejména rizika výpadku elektrického proudu ve slunných dnech.

Varianty podle ročního pokrytí

Minimální pokrytí

Tato varianta počítá s takovým množstvím kolektorů, které se vejdou na střechu bytového domu, aniž by si zbytečně stínili a aby se pro ně nemusela stavět speciální konstrukce.

- Výhoda je že soustava nebude v létě přetěžována
- Nevýhoda je nejnižší pokrytí spotřeby energie na přípravu TUV

Nejlepší sklon kolektorů pro celoroční provoz je 40° viz graf č. 6 a orientace odkloněná od jihu o 20° na západ viz graf č. 11. Kolektory v této variantě budou skloněny pod úhlem 45° , protože budou umístěny na podpěrách, které se vyrábějí s tímto sklonem.

Střední pokrytí

Tato varianta uvažuje s množstvím kolektorů přibližně takovým, aby denní zachycená energie za jasného letního dne ohřála denní spotřebu TUV.

- Výhoda je že soustava nebude v létě přetěžována
- Nevýhoda je nutnost postavit speciální konstrukci

Maximální pokrytí

Tato varianta počítá s tím, aby počet kolektorů byl schopen vykrýt 50% spotřebu energie na přípravu TUV.

- Výhoda je vysoké pokrytí spotřeby tepla na přípravu TUV
- Nevýhodou je nutnost výstavby nosné konstrukce
- Další nevýhodou je letní přetěžování soustavy

Varianty podle orientace ke světovým stranám

Podle hodnot naměřených solární laboratoří viz příloha I, II a III a graf č.11 vychází nejlépe orientace odkloněná o 20° směrem k západu.

7. Popis konkrétních variant

Skutečnosti platné pro všechny popisované varianty

Kolektory budou umístěné na střeše bytového domu. V návrzích bylo počítáno s plochými kolektory od firmy Regulus KPC2 – BP.

V místnosti v nejnižším podlaží jsou umístěny akumulční nádrže, čerpadla, solární regulátor a tři plynové průtokové ohřivače TUV. Plynové spotřebiče mají potrubí na nucený odtah spalin a proto bude nutné vyrobit otvory do venkovní stěny na vyústění potrubí.

Kolektory budou propojeny s čerpadly a akumulčními nádobami měděným potrubím. Svislá část potrubí, která překonává 12 podlaží bude vedena prostorem schodiště, zde bude nutné vytvořit otvory pro průchod svislého potrubí.

Potrubí bude izolované izolací Aeroflex EPDM od firmy Regulus, ve venkovních rozvodech s tloušťkou izolace 19 mm a na vnitřních rozvodech s tloušťkou izolace 13 mm.

Varianta V minimální pokrytí

V této variantě je počítáno s použitím vody jako teponosného média.

Na střeše bytového domu bude umístěno 20 solárních kolektorů, pět skupin po čtyřech kolektorech. Kolektory budou skloněny pod úhlem 45° a jejich orientace bude odkloněná o 10° od jihu směrem na západ viz příloha VIII (lepší by byla orientace odkloněná o 20° nebo 15° ale prostorové uspořádání na střeše to neumožňuje). Počet i umístění bylo voleno, aby si kolektory zbytečně nestínily. Tento počet není schopen ohřát více TUV nežli je její předpokládaná spotřeba, proto by nemělo hrozit, že zůstane teplo ze solárních kolektorů nevyužito, nebo že by docházelo k přehřívání solární soustavy.

Kolektory budou umístěny na trojúhelníkových podporách, které jsou v nabídce firmy Regulus.

Kolektory jsou schopny za nejlepších podmínek, které mohou nastat ohřát 3m³ teplé užitkové vody za den a bude stačit akumulční nádoba o objemu 1 m³, jako akumulční nádoba bude použita jedna nerezová nádoba od firmy Regulus HSK 1000, která umožňuje průtočný ohřev vody.

V soustavě bude jedno cirkulační čerpadlo pro solární okruhy Wilo Star-ST 25/4 od firmy Wilo, čerpadlo umožňuje tři stupňovou regulaci průtoku. Při rozběhu solární soustavy poběží čerpadlo na maximální otáčky.

Solární systém bude regulován průtokem teplotnosné tekutiny čerpadlem viz příloha I. Vstupní veličina do regulátoru teplota na výstupu z kolektorů T_2 a teplota akumulční nádrže T_a .

V případě že bude T_2 vyšší než T_a a současně T_2 nižší než 60°C pak poběží čerpadlo nejpomalejší chod, pokud bude T_2 vyšší než 60°C a nižší než 80°C pak poběží čerpadlo na střední chod, a pokud bude teplota T_2 vyšší než 80°C pak poběží čerpadlo na nejrychlejší chod. Pokud bude T_2 menší než T_a nebo pokud bude $T_a > 90^\circ\text{C}$ pak bude čerpadlo vypnuté.

Tato varianta by měla za průměrný klimatický rok vyprodukovat 22 448 kWh tepla, což je 20,4 % tepla potřebného na přípravu TUV.

Varianta V střední pokrytí

V této variantě je počítáno s použitím vody jako teplotnosného média.

Na střeše bytového domu bude umístěno 32 solárních kolektorů, osm skupin po čtyřech kolektorech viz příloha X. Tento počet je schopen ohřát v jasný slunečný den $4,8 \text{ m}^3$ TUV, a tolik je její předpokládaná denní spotřeba v červenci, proto by nemělo hrozit, že zůstane teplo ze solárních kolektorů nevyužito, nebo že by docházelo k přehřívání solární soustavy.

Orientace kolektorů bude odkloněná o 20° od jihu směrem na západ. Kolektory budou připevněné na nosné konstrukci, která bude mít sklon cca 45° a bude uložena na střeše a napevno připevněná k výtahové šachtě, tak aby dokázala odolávat předpokládanému větrnému zatížení, návrhem a výpočtem této konstrukce jsem se nezabýval.

Pro tento počet kolektorů by měl dostačovat celkový akumulční objem 3 m^3 , jako akumulční nádoby budou použity tři nerezové nádoby od firmy Regulus HSK 1000, které umožňují průtočný ohřev vody.

V soustavě budou dvě cirkulační čerpadla pro solární okruhy Wilo Star-ST 25/4 od firmy Wilo, čerpadla umožňují tři stupňovou regulaci průtoku a budou zapojena za sebou. Při rozběhu solární soustavy poběží obě čerpadla, při normálním provozu jedno nebo dvě.

Solární systém bude regulován průtokem teplotnosné tekutiny čerpadlem viz příloha II. Vstupní veličina do regulátoru teplota na výstupu z kolektorů T_2 a teplota akumulční

nádrže T_a . Pokud bude T_2 menší než T_a nebo pokud bude $T_a > 90^\circ\text{C}$ pak bude čerpadlo vypnuté.

Tato varianta by měla za průměrný klimatický rok vyprodukovat 34 702 kWh tepla, což je 31,5 % tepla potřebného na přípravu TUV.

Varianta V maximální pokrytí

V této variantě je počítáno s použitím vody jako teponosného média.

Na střeše bytového domu bude umístěno 72 solárních kolektorů, šest skupin po dvanácti kolektorech. Tento počet je schopen ohřát v jasný slunečný den 11 m^3 TUV, a to je přibližně dvakrát více než její předpokládaná denní spotřeba v červenci.

Orientace kolektorů bude odkloněná o 20° od jihu směrem na západ viz příloha X. Kolektory budou připevněné na nosné konstrukci, která bude mít sklon cca 50° a bude uložena na střeše a napevno připevněná k výtahové šachtě, tak aby dokázala odolávat předpokládanému větrnému zatížení, návrhem a výpočtem této konstrukce jsem se nezabýval.

Pro tento počet kolektorů by měl dostačovat celkový akumulární objem 10 m^3 , pro ekonomické hodnocení jsem uvažoval o použití stejných akumulárních nádrží jako v předešlých dvou variantách, tedy: 10 nerezových nádob od firmy Regulus HSK 1000. Tento počet by se, ale nevejde do stejné místnosti v nejnižším podlaží, buď by se musely umístit i do vedlejší místnosti a nebo umístit akumulární nádrže někde jinde, třeba venku. V tom případě by se mohlo použít menší počet větších nádrží, bez toho aby se musely zvětšovat dveře v domě.

V soustavě budou dvě cirkulační čerpadla pro solární okruhy Wilo Star-ST 25/4 zapojená za sebou, čerpadla umožňují tří stupňovou regulaci průtoku. Při rozběhu solární soustavy poběží obě čerpadla, při normálním provozu jedno nebo dvě viz příloha III.

Solární systém bude regulován průtokem teponosné tekutiny čerpadlem viz příloha III. Vstupní veličina do regulátoru teplota na výstupu z kolektorů T_2 a teplota akumulární nádrže T_a . Pokud bude T_2 menší než T_a nebo pokud bude $T_a > 90^\circ\text{C}$ pak bude čerpadlo vypnuté.

Tato varianta by měla za průměrný klimatický rok vyprodukovat 70 396 kWh tepla, což je 64 % tepla potřebného na přípravu TUV.

8. Výpočet vyrobené energie jednotlivými variantami

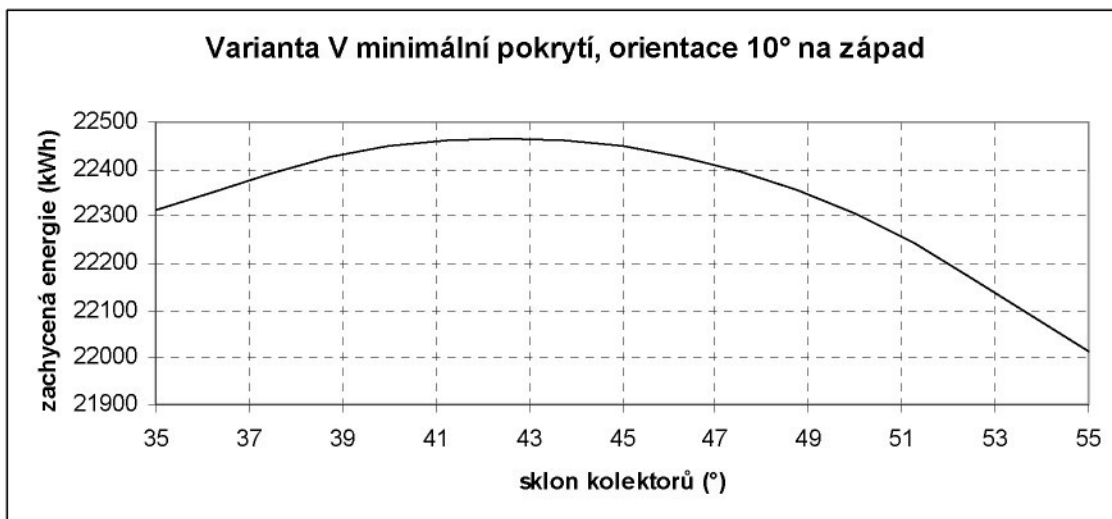
Naše katedra (KEZ) provozuje „solární laboratoř“, ta obsahuje soustavu se slunečními kolektory na budově B TUL a dvě fotovoltaické stěny na budově F TUL. Ze solární laboratoře se zaznamenávají data od ledna roku 2006. Je měřena intenzita slunečního záření, na vodorovnou a skloněnou rovinu, venkovní teplota, barometrický tlak, teploty tekutiny do kolektorů, teploty ohřáté tekutiny z kolektorů, průtok tekutiny a u fotovoltaické fasády vyrobená elektrická energie. Měřené hodnoty jsou archivované jako třiminutové průměry (u kolektorů) a desetiminutové průměry (u fotovoltaické stěny). Z těchto zaznamenávaných hodnot jsem chtěl použít pro výpočet získané energie ze slunce, venkovní teplotu a intenzitu slunečního záření. Bohužel od začátku chodu solární laboratoře byla celá řada výpadků měření, způsobená nejspíše počítačem který data ukládá. K dispozici jsem tedy neměl data za dva roky chodu solární laboratoře, ale pouze několik kompletních měsíců. Použitelná byla pouze data, která byla zaznamenána nepřetržitě za celý měsíc, které se daly porovnat s hodnotami z Českého hydrometeorologického ústavu. Byly tedy k dispozici data z únoru, březnu, květnu, červnu, července, září, října, listopadu v roce 2006 a lednu 2007. Pro tyto hodnoty se spočítala okamžitá účinnost kolektorů, zachycená a akumulovaná energie, tyto vypočtené hodnoty se porovnály se zachycenou energií vypočtenou z průměru za stejné měsíce, ale naměřené ČHMÚ. Rozdíly mezi těmito výpočty se porovnali s hodnotami vypočtenými z průměrných měsíčních hodnot z delšího období.

Spotřebu tepla na přípravu TUV byla pro tyto výpočty snížena, protože tepelná ztráta pro rozvody TUV v bytovém domě vychází 7 % a ztráta podle fakturace od teplárny vychází 35 % spotřeby TUV. Tento rozdíl je nejspíš způsoben tím, že ztráty několika domů se rozpočítávají podle plošného poměru a tím se ignoruje to že v bytovém domě byla provedena rekonstrukce rozvodů TUV včetně tepelného zaizolování, která v sousedních domech neproběhla. Roční potřeba tepla na přípravu TUV pak vychází 110 000 kWh a s touto hodnotou se počítalo při výpočtu získání tepla jednotlivými variantami solárních okruhů.

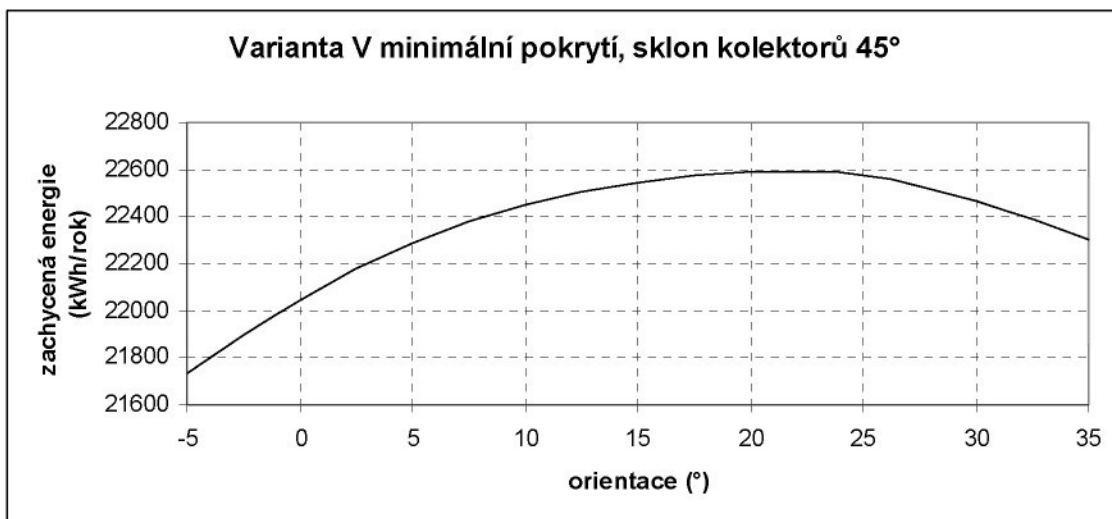
Vypočtené hodnoty pro jednotlivé varianty jsou uvedené v příloze IV, V a VI. Z vypočtených hodnot je vidět, že nejlepší orientace ke světovým stranám je o 20° odkloněná od jihu směrem k západu. Sklon kolektorů vychází optimální jiný pro různé varianty. U Variant V minimální vychází optimální sklon 40°, u varianty V střední

pokrytí vychází 45° a u varianty V maximální pokrytí vychází 50° což se přibližně shoduje s grafem č. 6.

Graf č. 10 zachycená energie Variantou V minimální pokrytí podle sklonu kolektorů, se stálou orientací odkloněnou od jihu o 10° na západ.



Graf č. 11 zachycená energie Variantou V minimální pokrytí podle orientace kolektorů, se stálým sklonem 45° .



9. Posouzení efektivnosti návrhu

Prostá doba návratnosti investice [6]

$$T_n = IN/CF \quad (\text{roky})$$

kde IN – investice (Kč)

CF – roční přínos projektu (Kč/rok)

Tabulka č. 7 doba návratnosti jednotlivých variant solárního ohřevu TUV

	varianta V - minimální pokrytí	varianta V - střední pokrytí	varianta V - maximální pokrytí
bez dotace	14,5 let	18,5 let	22,7 let
s dotací	12,6 let	17,3 let	22,1 let

Toto kritérium nám dá představu o tom zdali je rozumné daný projekt uskutečnit. Pokud budeme uvažovat životnost solární soustavy 20 let, pak se varianta V-maximální pokrytí nevyplatí realizovat a to i se státní dotací 50 tis. Kč.

Dalším ekonomickým ukazatelem je současná hodnota přínosu investice, která počítá s tím, že peníze které máme mají pro nás větší hodnotu, nežli peníze, které v budoucnu získáme.

Čistá současná hodnota přínosu investice (net present value) [6]

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_z} CF_t \cdot (1+r)^{-t}$$

kde CF – roční přínos projektu (Kč/rok)

r – diskontní sazba

T_z – životnost projektu (roky)

Navrhovaná investice je výhodná, pokud NPV větší nežli investovaná částka.

Diskontní sazba se stanoví vztahem

$$r = (1+rr) \cdot (1+\alpha) - 1$$

kde rr – reálná diskontní míra bez inflace (-)

α – inflační míra (-)

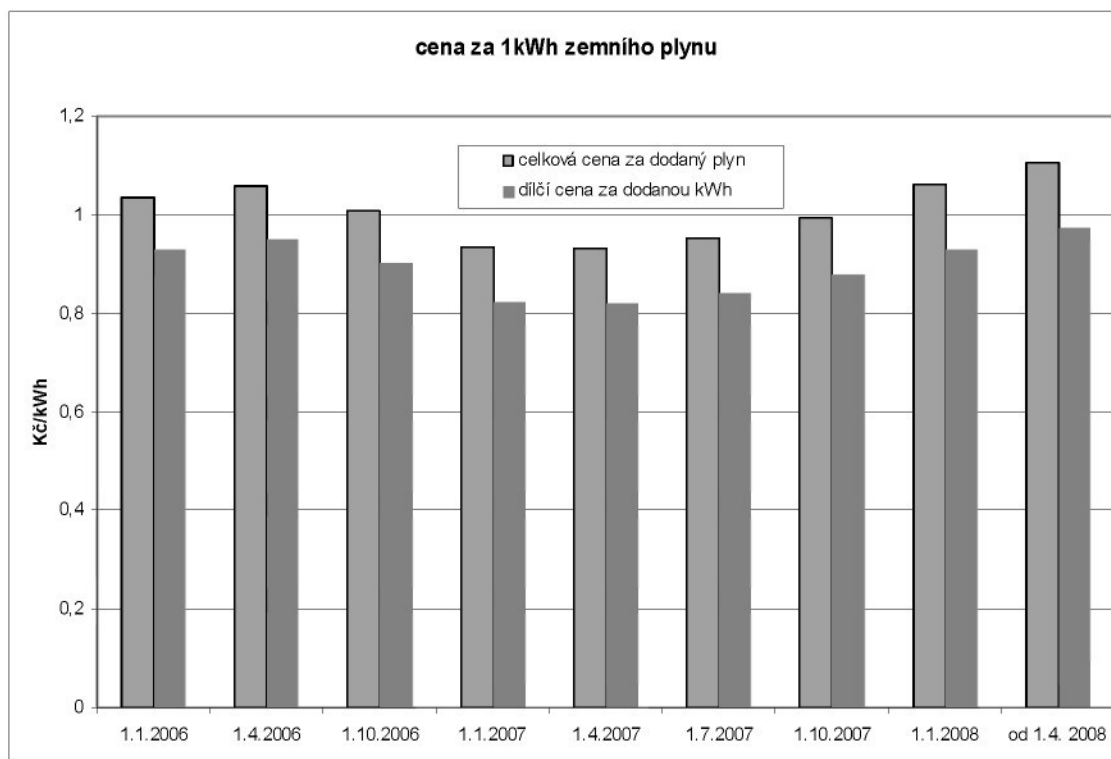
Pokud budeme uvažovat reálnou diskontní sazbu $rr = 8\%$ a inflaci $\alpha = 3\%$ a dobu životnosti solární soustavy 20 let a nemněné ceně plynu za 1Kč/kWh vychází nám pro všechny varianty hodnota menší než je hodnota investice.

Tabulka č. 8 současná hodnota přínosu investice (NPV) jednotlivých variant solárního ohřevu TUV

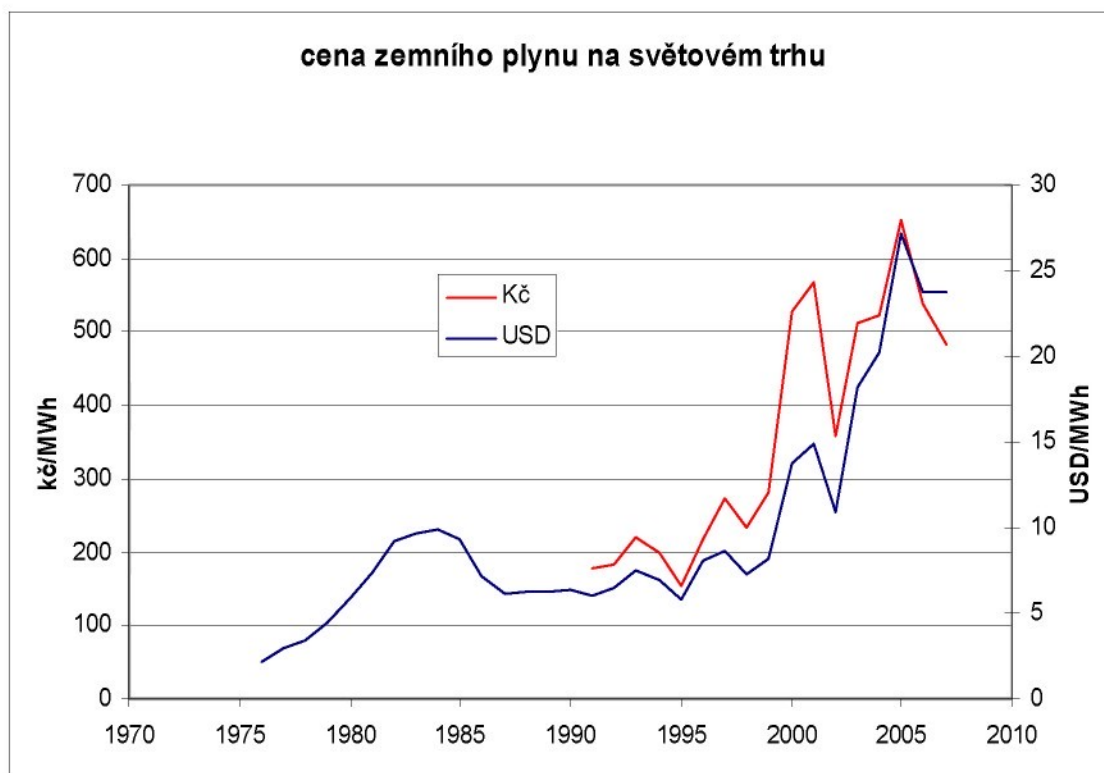
	varianta V - minimální pokrytí	varianta V - střední pokrytí	varianta V - maximální pokrytí
Investice bez dotace	391 687	769 519	1 910 575
Investice s dotací	341 687	719 519	1 860 575
NPV	211 679	325 829	658 964

Z hodnot přínosu investice (NPV) je zřejmé, že investice do solárního ohřevu teplé užitkové vody v tomto bytovém domě při současných cenách plynu není příliš výhodná. Je pravděpodobné, že se bude cena plynu zvyšovat, ale jak poroste v následujících letech, to si netroufám odhadovat. Změna ceny plynu za poslední dva roky je zachycena na následujícím grafu č. 12.

Graf č. 12 vývoj ceny zemního plynu u Severočeské plynárenské, a.s.



Graf č. 13 cena zemního plynu na světovém trhu.



Cena plynu může kolísat kolem současné hodnoty, nebo se může relativně skokově zvýšit viz grafy č 12 a 13.

Pokud se cena za 1kWh zemního plynu zvýší na 1,5 Kč pak prostá doba návratnosti všech variant bude nižší než 15 let, jak je patrné z tabulky č. 9.

Tabulka č. 9 prostá doba návratnosti a NPV jednotlivých variant solárního ohřevu TUV při ceně 1,5 Kč/kWh zemního plynu.

	varianta V - minimální pokrytí	varianta V - střední pokrytí	varianta V - maximální pokrytí
bez dotace	9,4 let	11,9 let	14,6 let
s dotací	8,2 let	11,1 let	14,2 let
NPV	326 676 Kč	502 839 Kč	1 016 954 Kč

I když je doba návratnosti nižší než 15 let, hodnota přínosu NPV je stále nižší nežli hodnota investice. Investičně nejlépe vychází nejmenší soustava, proto by bylo nejvýhodnější nejdříve realizovat variantu s malým počtem kolektorů a po zvýšení ceny za plyn zvětšit kolektorovou plochu a odpovídajícím způsobem zvýšit množství akumulčních nádrží v tom případě by bylo nutné udělat svislé potrubí s větším průměrem, aby se dala soustava případně rozšířit.

Závěr

Diplomová práce se zabývá ohřevem teplé užitkové vody v bytovém domě v Liberci. Ta je v současné době připravována ve výměňkové stanici patřící Liberecké teplárně. Do domu je zaveden zemní plyn a při přípravě TUV v plynových ohřivačích vody vychází roční úspora okolo 160 tis. Kč.

Hlavně se zabývá možností využít při přípravě TUV s pomocí sluneční energie. Jsou navrženy tři varianty na využití sluneční energie, které se liší zejména velikostí kolektorové plochy. Navržené varianty jsou řešeny systémem „drain-back“, při kterém dochází po vypnutí čerpadel k tomu, že voda vyteče z části solární soustavy, která je mimo budovu. Tento systém chrání solární soustavu před zamrznutím vody v zimě a přehřátím a následným zvýšením tlaku v létě. Použitím vody jako teponosného média se dosáhne nejlepšího přenosu tepla v solární soustavě a zároveň není voda na rozdíl od nemrznoucích směsí jedovatá.

Prosté doby návratnosti u navržených variant při současných cenách plynu jsou 12,6 až 22,1 let. U nejmenší soustavy, která je schopná vyrobit 20,4 % teplé užitkové vody, vychází prostá návratnost 12,6 let. U navržené soustavy, která je schopná vyrobit 31,5 % TUV, vychází prostá návratnost 17,3 let. U největší soustavy, která je schopná vyrobit 64 % teplé užitkové vody, vychází prostá návratnost 22,1 let. Z toho je vidět, pokud nedojde v blízké době k drastickému zdražení plynu budou doby prostých návratností u varianty s velkým pokrytím blízké době životnosti solární soustavy, proto o ní má cenu uvažovat až po výrazném zdražení plynu.

V současné době by se obyvatelům bytového domu vyplatilo odpojit se od Liberecké teplárny a to asi nejenom od dodávky TUV, ale i od zásobování teplem na vytápění.

Při dalším zvyšování cen energií, kterému neujde ani zemní plyn se vyplatí realizovat malou solární soustavu (popsanou v diplomové práci jako variantu V – minimální pokrytí). Při dalším zdražování energie by se mohla solární soustava rozšířit, aby dokázala vyrobit větší množství TUV. Tímto řešením si mohou obyvatelé bytového domu snížit náklady na energie a snížit množství škodlivých látek vypouštěných do ovzduší.

Seznam použité literatury

Literatura

- [1] Cihelka Jaromír Ing. Dr.: *Sluneční a vytápěcí systémy*. SNTL, Praha 1984.
- [2] Jabor Jan: *Porovnání slunečních fototermálních kolektorů za stejných meteorologických podmínek*. DP TUL, Liberec 2005
- [3] Nožička Jiří Prof.Ing., CSc.: *Základy termomechaniky*. ČVUT 2004.
- [4] Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR: *Kompletní regenerace nosné konstrukce panelových domů stavební soustavy banks (Severočeská varianta)*. Praha 2005.
- [5] ČSN 06 0320: *Ohřívání užitkové vody - Navrhování a projektování*. ČNI, 1998.
- [6] EkoWATT: *Energie biomasy*. EkoWATT 2002 firemní literatura.
- [7] Čmelík M., Machonský L., Burianová L.: *Úvod do fyzikálních měření*. Vydavatelství TUL, Liberec 2001. ISBN 80-7083-534-6.

Internetové zdroje

- [10] <http://www.tzb-info.cz>
- [11] <http://www.reflexcz.cz>
- [12] <http://www.regulus.cz>
- [13] <http://www.chmu.cz>
- [14] <http://www.heliostar.cz>
- [15] http://www.aldebaran.cz/bulletin/2004_22_sun.html
- [16] <http://johnkazeva.com/space/>
- [17] <http://www.gbc-montaze.cz>
- [18] <http://www.itest.cz/>
- [19] <http://regulus.dnh.cz/etasolar/>

Seznam příloh

Příloha I

Příloha II

Příloha III

Příloha IV

Příloha V

Příloha VI

Příloha VII

Příloha VIII

Příloha IX

Příloha X

Příloha XI

Příloha I
Varianta V – minimální pokrytí

Varianta V		minimální pokrytí			
			počet	cena (Kč)	cena (%)
Kolektry	KPC2 - BP		20	155 800	47,3
podpěrná konstrukce				49 300	15,0
potrubí	měděné	Ø 22	120	37 602	11,4
tepelná izolace potrubí	Aeroflex EPDM	tl. 13mm	102		
		tl. 19mm	18		
čerpadla	Wilo Star-ST 25/4		1	12860	3,9
regulace	6885 ES regulus		1		
teploměry			4		
akumulační nádoby	HSK 1000		1	63600	19,3
tepelná izolace		tl. 120mm	1		
ostatní				6 237	1,9
				329 149	bez DPH

Tlakové ztráty a chod čerpadla - Varianta V minimální pokrytí			
	1. otáčky	2. okáčky	3. otáčky
průtok (kg/s)	0,12	0,17	0,19
tlaková ztráta (m)	1,75	2,8	3,9
podmínka	T2>Ta a T2<60°C	T2>Ta a 60°<T2<80°C	T2>Ta a T2>80°C
průtok (kg/s)	-	0,06	0,1
tlaková ztráta (m)		3,6	4,3

Příloha II
Varianta V – střední pokrytí

Varianta V		střední pokrytí			
			počet	cena (Kč)	cena (%)
Kolektry	KPC2 - BP		32	249 280	38,5
podpěrná konstrukce				140 240	21,7
potrubí	měděné	Ø 28	116	43 488	6,7
tepelná izolace potrubí	Aeroflex EPDM	tl. 13mm	102		
		tl. 19mm	18		
čerpadla	Wilo Star-ST 25/4		1	12860	2,0
regulace	6885 ES regulus		1		
teploměry			4		
akumulační nádoby	HSK 1000		3	190800	29,5
tepelná izolace		tl. 120mm	3		
ostatní				6 237	1,0
				646 655	bez DPH

Tlakové ztráty a chod čerpadla - Varianta V střední pokrytí						
	1. otáčky	2. okáčky	3. otáčky	2x 1.otáčky	2x 2.otáčky	2x 3.otáčky
průtok (kg/s)	0,18	0,25	0,31	0,28	0,42	0,54
tlaková ztráta (m)	1,3	2,4	3,4	3	5,6	9
podmínka	T2>Ta a T2<60°C	T2>Ta a T2<60°C	T2>Ta a 60°<T2<75°C	X	T2>Ta a 75°<T2<80°C	T2>Ta a T2>60°C
průtok (kg/s)				0,1	0,25	0,4
tlaková ztráta (m)				7,5	9	12

Příloha III
Varianta V – maximální pokrytí

Varianta V		maximální pokrytí			
			počet	cena (Kč)	cena (%)
Kolektry	KPC2 - BP		72	560 880	34,9
podpěrná konstrukce				313 560	19,5
potrubí	měděné	Ø 32	122	72 238	4,5
tepelná izolace potrubí	Aeroflex EPDM	tl. 13mm	102		
		tl. 19mm	20		
čerpadla	Wilo Star-ST 25/4		2	12860	0,8
regulace	6885 ES regulus		1		
teploměry			4		
akumulační nádoby	HSK 1000		10	636000	39,6
	tepelná izolace	tl. 120mm	10		
ostatní				2 487	0,2
				1 605 525	bez DPH

Tlakové ztráty a chod čerpadla - Varianta V maximální pokrytí						
	1. otáčky	2. okáčky	3. otáčky	2x 1.otáčky	2x 2.otáčky	2x 3.otáčky
průtok (kg/s)	0,2	0,35	0,46	0,38	0,54	0,67
tlaková ztráta (m)	0,9	1,6	2,8	2	3,2	6
podmínka	T2>Ta a T2<60°C	T2>Ta a T2<60°C	T2>Ta a 60°<T2<75°C	X	T2>Ta a 75°<T2<80°C	T2>Ta a T2>60°C

průtok (kg/s)		0,04	0,22	0,43
tlaková ztráta (m)		9,3	10	11,2

Příloha IV

Porovnání zisků z ohřevu TUV pomocí kolektorů získaných různými výpočty. Varianta V představuje výpočet z hodinových průměrů naměřenými solární laboratorii, pro uvedenou kolektorovou plochu a objem akumulčních nádrží. „Data z Čhmú“ představuje výpočet z měsíčních průměrů (stejných měsíců jako jsou data ze solární laboratoře) pro danou kolektorovou plochu bez započítání akumulčních nádrží (tedy jako by měly akumulční nádrže během měsíce nekonečný objem). „Hodnoty od Čhmú za průměrný rok“ představuje podobný výpočet jako „data z Čhmú“, ale jsou to hodnoty v průměrných měsících za několikaleté období.

Varianta V - minimální pokrytí							
plocha kolektorů	40	m2		velikost akumulční nádoby		1	m3
sklon	45	°		orientace		10	°
	teoretická spotřeba TUV	Varianta V		hodnoty z Čhmú		hodnoty od Čhmú za průměrný rok	
	(kWh)	(kWh)	(%)	(kWh)	(%)	(kWh)	(%)
2006 únor	11498	995	8,7	997	8,7	949,9	8,3
2006 březen	11498	1 723	15,0	1 647	14,3	1 747,8	15,2
2006 duben	9350	-	-	-	-	2 269,9	24,3
2006 květen	10220	3 039	29,7	2 737	26,8	2 947,6	28,8
2006 červen	10220	3 574	35,0	3 295	32,2	2 878,7	28,2
2006 červenec	8943	4 405	49,3	4 295	48,0	2 625,2	29,4
2006 srpen	7700	-	-	-	-	3 046,3	39,6
2006 září	9581	2 923	30,5	3 004	31,3	2 112,0	22,0
2006 říjen	10859	1 929	17,8	1 841	17,0	1 379,9	12,7
2006 listopad	11498	584	5,1	591	5,1	644,0	5,6
2006 prosinec	10450	-	-	-	-	390,4	3,7
2007 leden	11498	452	3,9	409	3,6	530,9	4,6
	110000					21 522,5	19,6
rozdíl mezi variantou V a Čhmú		809,5	4,3	předpokládaná výroba v průměrný		22 448,4	20,4

Varianta V - minimální pokrytí							
plocha kolektorů	40	m2		velikost akumulční nádoby		1	m3
sklon	50	°		orientace		10	°
	teoretická spotřeba TUV	Varianta V		hodnoty z Čhmú		hodnoty od Čhmú za průměrný rok	
	(kWh)	(kWh)	(%)	(kWh)	(%)	(kWh)	(%)
2006 únor	11498	1 027	8,9	1 030	9,0	980,1	8,5
2006 březen	11498	1 741	15,1	1 656	14,4	1 757,1	15,3
2006 duben	9350	-	-	-	-	2 234,9	23,9
2006 květen	10220	2 965	29,0	2 654	26,0	2 859,2	28,0
2006 červen	10220	3 475	34,0	3 184	31,2	2 781,0	27,2
2006 červenec	8943	4 302	48,1	4 164	46,6	2 543,4	28,4
2006 srpen	7700	-	-	-	-	2 981,5	38,7
2006 září	9581	2 927	30,5	3 001	31,3	2 110,3	22,0
2006 říjen	10859	1 972	18,2	1 883	17,3	1 411,3	13,0
2006 listopad	11498	609	5,3	615	5,4	671,3	5,8
2006 prosinec	10450	-	-	-	-	412,8	3,9
2007 leden	11498	476	4,1	429	3,7	558,1	4,9
	110000					21 300,9	19,4
rozdíl mezi variantou V a Čhmú		876,0	4,7	předpokládaná výroba v průměrný		22 303,3	20,3

Varianta V - minimální pokrytí							
plocha kolektorů	40	m2		velikost akumulční nádoby	1	m3	
sklon	55	°		orientace	10	°	
	teoretická spotřeba TUV	Varianta V		hodnoty z Čhmú		hodnoty od Čhmú za průměrný rok	
	(kWh)	(kWh)	(%)	(kWh)	(%)	(kWh)	(%)
2006 únor	11498	1 050	9,1	1 054	9,2	1 002,4	8,7
2006 březen	11498	1 747	15,2	1 652	14,4	1 752,9	15,2
2006 duben	9350	-	-	-	-	2 183,6	23,4
2006 květen	10220	2 872	28,1	2 553	25,0	2 751,0	26,9
2006 červen	10220	3 353	32,8	3 051	29,8	2 664,2	26,1
2006 červenec	8943	4 171	46,6	4 005	44,8	2 444,6	27,3
2006 srpen	7700	-	-	-	-	2 896,1	37,6
2006 září	9581	2 914	30,4	2 978	31,1	2 093,6	21,9
2006 říjen	10859	2 002	18,4	1 910	17,6	1 432,1	13,2
2006 listopad	11498	629	5,5	635	5,5	693,2	6,0
2006 prosinec	10450	-	-	-	-	431,7	4,1
2007 leden	11498	495	4,3	446	3,9	580,7	5,1
	110000					20 926,3	19,0
rozdíl mezi variantou V a Čhmú		949,2	5,2	předpokládaná výroba v průměry		22 012,7	20,0

Příloha V

Porovnání získů z ohřevu TUV pomocí kolektorů získaných různými výpočty. Varianta V představuje výpočet z hodinových průměrů naměřenými solární laboratoří, pro uvedenou kolektorovou plochu a objem akumulčních nádrží. „Data z Čhmú“ představuje výpočet z měsíčních průměrů (stejných měsíců jako jsou data ze solární laboratoře) pro danou kolektorovou plochu bez započítání akumulčních nádrží (tedy jako by měly akumulční nádrže během měsíce nekonečný objem). „Hodnoty od Čhmú za průměrný rok“ představuje podobný výpočet jako „data z Čhmú“, ale jsou to hodnoty v průměrných měsících za několikaleté období.

Varianta V - střední pokrytí							
plocha kolektorů	62	m2	velikost akumulční nádoby		3	m3	
sklon	45	°	orientace		20	°	
	teoretická spotřeba TUV	Varianta V		hodnoty z Čhmú		hodnoty od Čhmú za průměrný rok	
	(kWh)	(kWh)	(%)	(kWh)	(%)	(kWh)	(%)
2006 únor	11498	1 485	12,7	1 497	13,0	1 426,1	12,4
2006 březen	11498	2 659	23,1	2 497	21,7	2 649,7	23,0
2006 duben	9350	-	-	-	-	3 488,4	37,3
2006 květen	10220	4 720	46,2	4 182	40,9	4 504,8	44,1
2006 červen	10220	5 516	54,0	5 043	49,3	4 405,6	43,1
2006 červenec	8943	6 929	77,5	6 573	73,5	4 016,3	44,9
2006 srpen	7700	-	-	-	-	4 646,3	60,3
2006 září	9581	4 548	47,5	4 562	47,6	3 208,3	33,5
2006 říjen	10859	2 928	27,0	2 776	25,6	2 080,9	19,2
2006 listopad	11498	872	7,6	883	7,7	962,1	8,4
2006 prosinec	10450	-	-	-	-	579,8	5,5
2007 leden	11498	684	5,9	609	5,3	790,0	6,9
	110000					32 758,2	29,8
rozdíl mezi variantou V a Čhmú		1 698,3	5,9	předpokládaná výroba v průměrný		34 701,9	31,5

Varianta V - střední pokrytí							
plocha kolektorů	62	m2	velikost akumulční nádoby		3	m3	
sklon	50	°	orientace		20	°	
	teoretická spotřeba TUV	Varianta V		hodnoty z Čhmú		hodnoty od Čhmú za průměrný rok	
	(kWh)	(kWh)	(%)	(kWh)	(%)	(kWh)	(%)
2006 únor	11498	1 508	13,1	1 543	13,4	1 468,8	12,8
2006 březen	11498	2 689	23,4	2 507	21,8	2 659,5	23,1
2006 duben	9350	-	-	-	-	3 431,4	36,7
2006 květen	10220	4 608	45,1	4 050	39,6	4 362,4	42,7
2006 červen	10220	5 376	52,6	4 865	47,6	4 249,5	41,6
2006 červenec	8943	6 760	75,6	6 362	71,1	3 885,2	43,4
2006 srpen	7700	-	-	-	-	4 539,5	59,0
2006 září	9581	4 654	47,5	4 650	47,5	3 200,4	33,4
2006 říjen	10859	2 994	27,6	2 834	26,1	2 124,4	19,6
2006 listopad	11498	907	7,9	918	8,0	1 001,3	8,7
2006 prosinec	10450	-	-	-	-	612,4	5,9
2007 leden	11498	718	6,2	638	5,6	829,5	7,2
	110000					32 364,4	29,4
rozdíl mezi variantou V a Čhmú		1 846,8	6,5	předpokládaná výroba v průměrný		34 479,0	31,3

Varianta V - střední pokrytí							
plocha kolektorů	62	m2	velikost akumulční nádoby		3	m3	
sklon	40	°	orientace		20	°	
	teoretická spotřeba TUV	Varianta V		hodnoty z Čhmú		hodnoty od Čhmú za průměrný rok	
	(kWh)	(kWh)	(%)	(kWh)	(%)	(kWh)	(%)
2006 únor	11498	1 410	12,3	1 440	12,5	1 372,2	11,9
2006 březen	11498	2 610	22,7	2 468	21,5	2 619,8	22,8
2006 duben	9350	-	-	-	-	3 520,7	37,7
2006 květen	10220	4 803	47,0	4 286	41,9	4 615,7	45,2
2006 červen	10220	5 624	55,0	5 187	50,8	4 531,6	44,3
2006 červenec	8943	7 056	78,9	6 740	75,4	4 120,5	46,1
2006 srpen	7700	-	-	-	-	4 721,3	61,3
2006 září	9581	4 513	47,1	4 542	47,4	3 193,8	33,3
2006 říjen	10859	2 843	26,2	2 698	24,8	2 021,6	18,6
2006 listopad	11498	829	7,2	840	7,3	915,1	8,0
2006 prosinec	10450	-	-	-	-	542,2	5,2
2007 leden	11498	643	5,6	575	5,0	743,8	6,5
	110000					32 918,2	29,9
rozdíl mezi variantou V a Čhmú		1 557,3	5,4	předpokládaná výroba v průměrný		34 699,7	31,5

Příloha VI

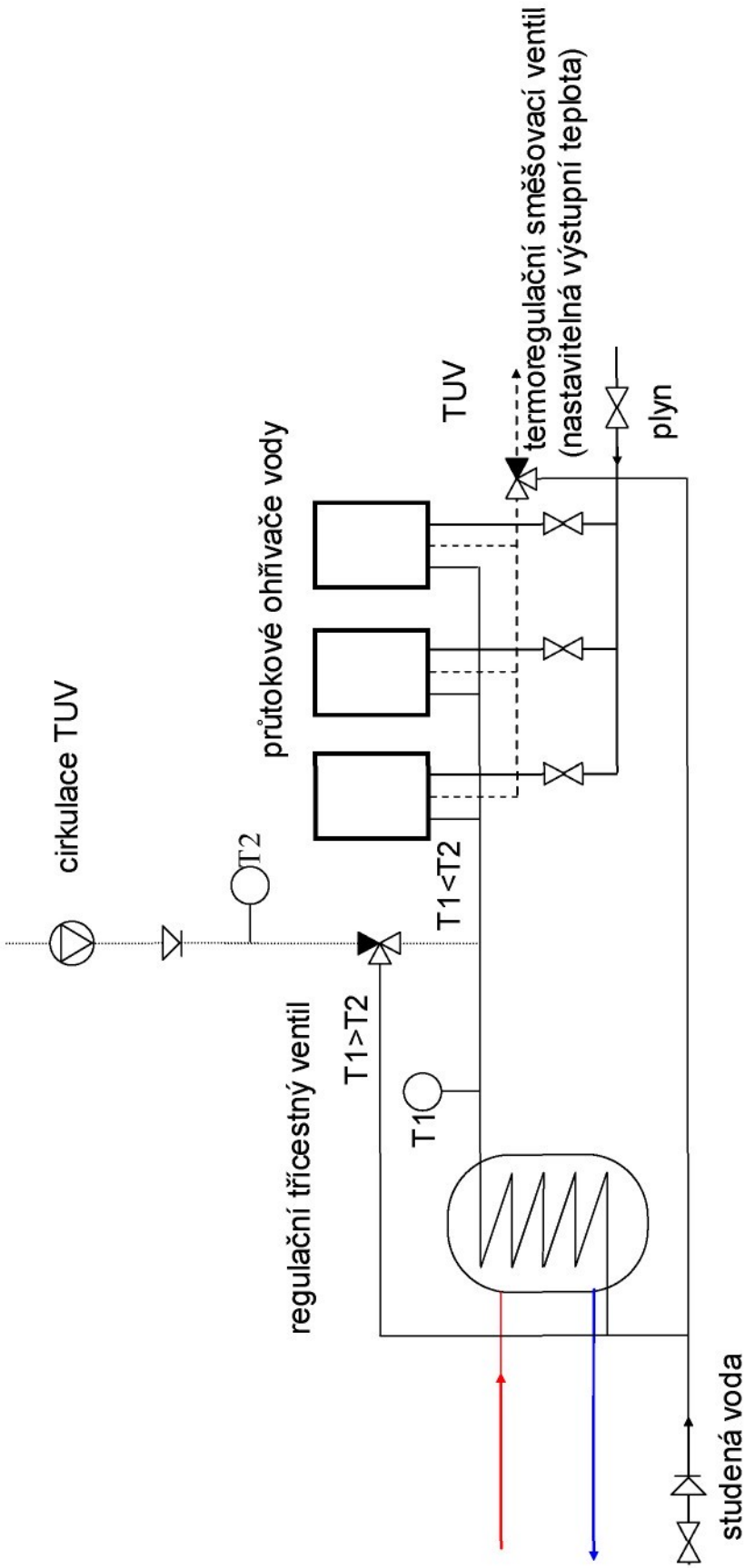
Porovnání zisků z ohřevu TUV pomocí kolektorů získaných různými výpočty. Varianta V představuje výpočet z hodinových průměrů naměřenými solární laboratoří, pro uvedenou kolektorovou plochu a objem akumulčních nádrží. „Data z Čhmú“ představuje výpočet z měsíčních průměrů (stejných měsíců jako jsou data ze solární laboratoře) pro danou kolektorovou plochu bez započítání akumulčních nádrží (tedy jako by měly akumulční nádrže během měsíce nekonečný objem). „Hodnoty od Čhmú za průměrný rok“ představuje podobný výpočet jako „data z Čhmú“, ale jsou to hodnoty v průměrných měsících za několikaleté období.

Varianta V - maximální pokrytí							
plocha kolektorů	144	m2		velikost akumulční nádoby	10	m3	
sklon	45	°		orientace	20	°	
	teoretická spotřeba TUV	Varianta V		hodnoty z Čhmú		hodnoty od Čhmú za průměrný rok	
	(kWh)	(kWh)	(%)	(kWh)	(%)	(kWh)	(%)
2006 únor	11498	3 328	28,9	3 477	30,2	3 312,3	28,8
2006 březen	11498	5 992	52,1	5 800	50,4	6 154,0	53,5
2006 duben	9350	-	-	-	-	8 102,0	86,7
2006 květen	10220	9 015	88,2	9 714	95,0	10 220,0	100,0
2006 červen	10220	9 164	89,7	10 220	100,0	10 220,0	100,0
2006 červenec	8943	8 871	99,2	8 943	100,0	8 942,5	100,0
2006 srpen	7700	-	-	-	-	7 700,0	100,0
2006 září	9581	9 456	98,7	9 581	100,0	7 451,5	77,8
2006 říjen	10859	6 633	61,1	6 448	59,4	4 833,1	44,5
2006 listopad	11498	1 993	17,3	2 050	17,8	2 234,4	19,4
2006 prosinec	10450	-	-	-	-	1 346,6	12,9
2007 leden	11498	1 562	13,6	1 415	12,3	1 834,8	16,0
	110000					72 361,3	69,2
rozdíl mezi variantou V a Čhmú							
	-	1 632,9	-	2,8	předpokládaná výroba v průměrný	70 301,9	63,9

Varianta V - maximální pokrytí							
plocha kolektorů	144	m2		velikost akumulční nádoby	10	m3	
sklon	50	°		orientace	20	°	
	teoretická spotřeba TUV	Varianta V		hodnoty z Čhmú		hodnoty od Čhmú za průměrný rok	
	(kWh)	(kWh)	(%)	(kWh)	(%)	(kWh)	(%)
2006 únor	11498	3 427	29,8	3 583	31,2	3 411,5	29,7
2006 březen	11498	6 045	52,6	5 823	50,6	6 177,0	53,7
2006 duben	9350	-	-	-	-	7 969,8	85,2
2006 květen	10220	8 918	87,3	9 405	92,0	10 132,1	99,1
2006 červen	10220	9 097	89,0	10 220	100,0	9 869,8	96,6
2006 červenec	8943	8 870	99,2	8 943	100,0	8 942,5	100,0
2006 srpen	7700	-	-	-	-	7 700,0	100,0
2006 září	9581	9 443	98,6	9 581	100,0	7 433,2	77,6
2006 říjen	10859	6 757	62,2	6 582	60,6	4 934,1	45,4
2006 listopad	11498	2 076	18,1	2 132	18,5	2 325,7	20,2
2006 prosinec	10450	-	-	-	-	1 422,3	13,6
2007 leden	11498	1 642	14,3	1 483	12,9	1 926,6	16,8
	110000					72 244,4	68,3
rozdíl mezi variantou V a Čhmú							
	-	1 477,3	-	2,6	předpokládaná výroba v průměrný	70 396,3	64,0

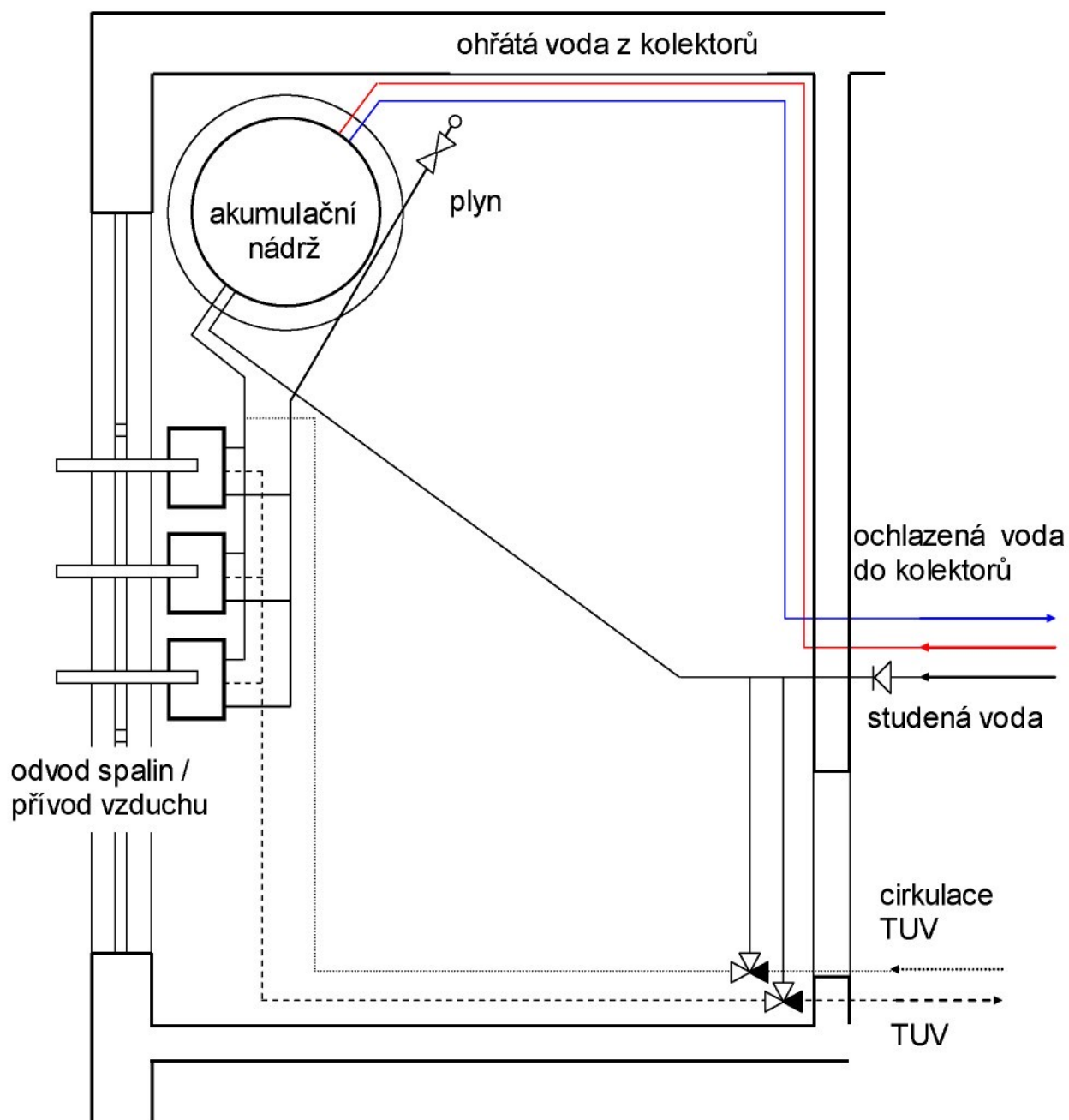
Varianta V - maximální pokrytí							
plocha kolektorů	144	m2		velikost akumulční nádoby	10	m3	
sklon	55	°		orientace	20	°	
	teoretická spotřeba TUV	Varianta V		hodnoty z Čhmú		hodnoty od Čhmú za průměrný rok	
	(kWh)	(kWh)	(%)	(kWh)	(%)	(kWh)	(%)
2006 únor	11498	3 499	30,4	3 660	31,8	3 483,3	30,3
2006 březen	11498	6 054	52,7	5 799	50,4	6 151,6	53,5
2006 duben	9350	-	-	-	-	7 779,6	83,2
2006 květen	10220	8 789	86,0	9 032	88,4	9 731,3	95,2
2006 červen	10220	9 014	88,2	10 220	100,0	9 439,8	92,4
2006 červenec	8943	8 868	99,2	8 943	100,0	8 658,9	96,8
2006 srpen	7700	-	-	-	-	7 700,0	100,0
2006 září	9581	9 405	98,2	9 581	100,0	7 361,7	76,8
2006 říjen	10859	6 838	63,0	6 667	61,4	4 998,7	46,0
2006 listopad	11498	2 142	18,6	2 198	19,1	2 398,3	20,9
2006 prosinec	10450	-	-	-	-	1 486,0	14,2
2007 leden	11498	1 708	14,9	1 539	13,4	2 002,0	17,4
	110000					71 191,1	67,0
rozdíl mezi variantou V a Čhmú							
	-	1 320,8	-	2,3	předpokládaná výroba v průměrný	69 559,8	63,2

Schéma zapojení akumulční nádrže a průtokových ohřevů vody na ohřev TUV, varianta V minimální pokrytí



Příloha VII

Schéma umístění průtokových plynových ohřivačů vody a akumulční nádoby v místnosti v nejnižším podlaží, varianta V minimální pokrytí



Příloha VIII

Schéma umístění kolektorů na střeše,
varianta V minimální pokrytí

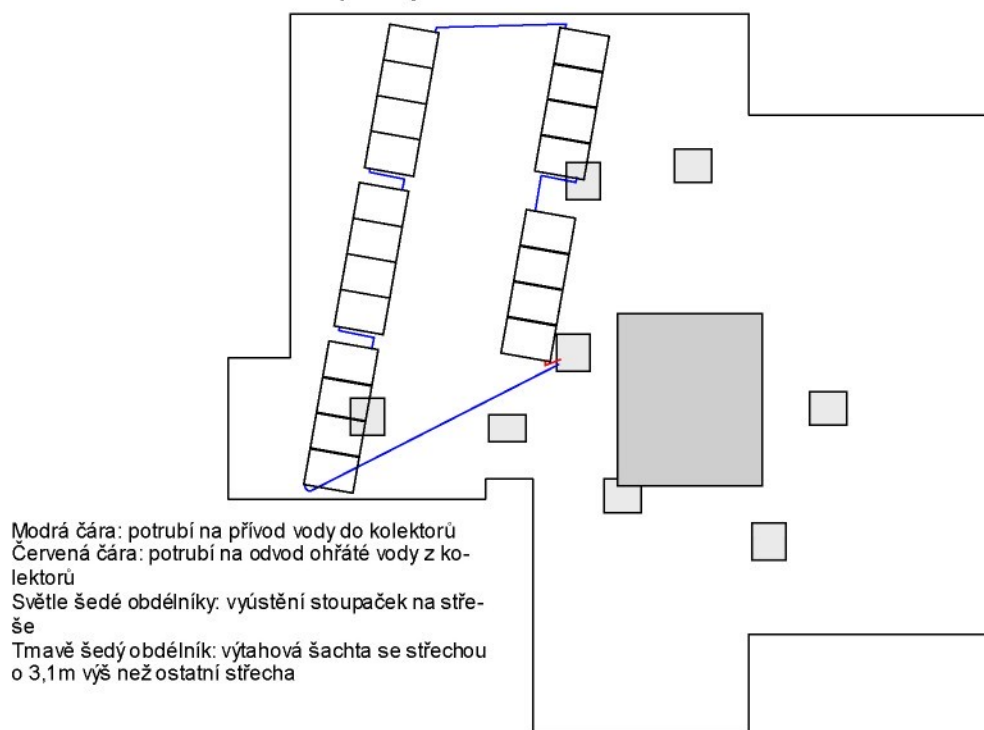


Schéma vedení potrubí v nejnižším podlaží bytového domu z prostoru schodiště do místnosti s průtokovými ohřívači vody, platné pro variantu V minimální a střední pokrytí

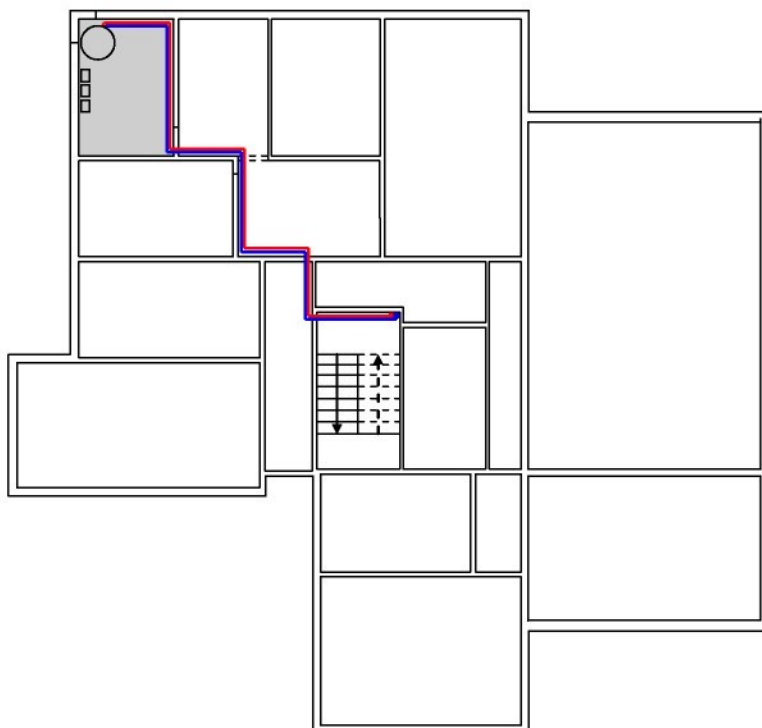
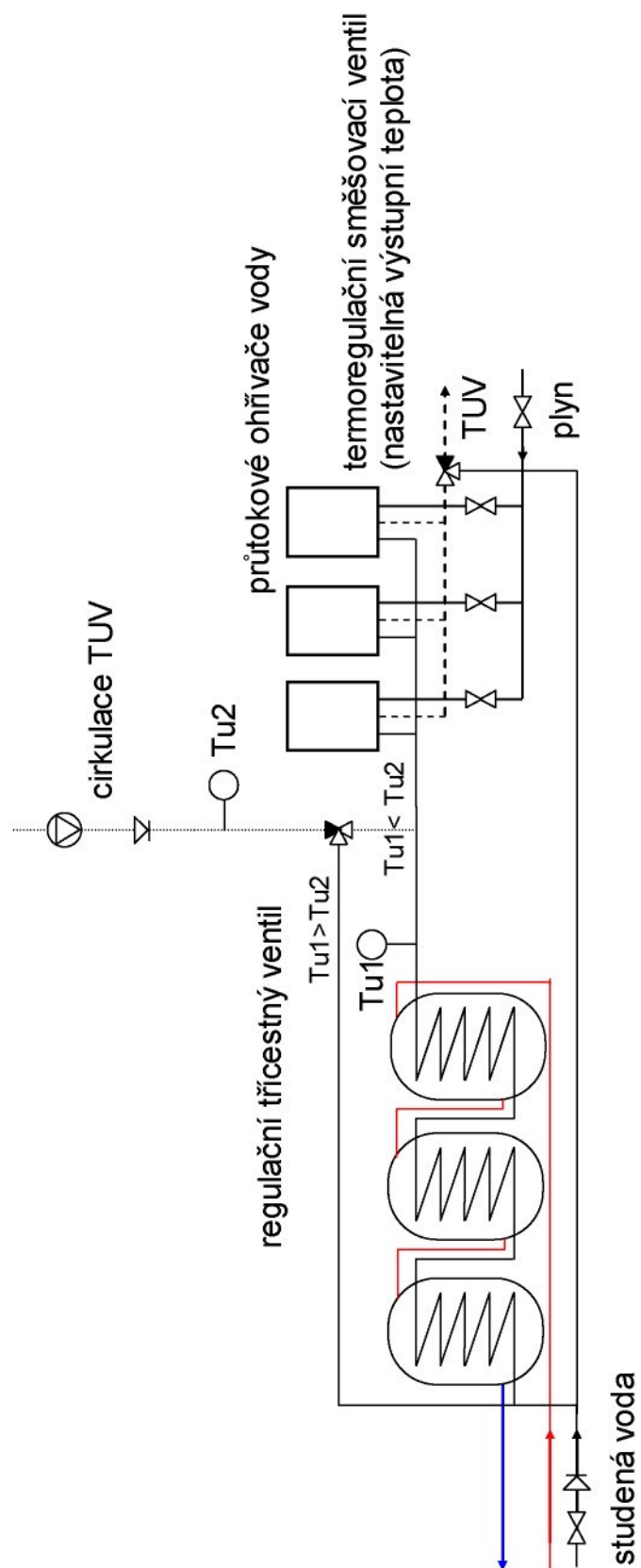
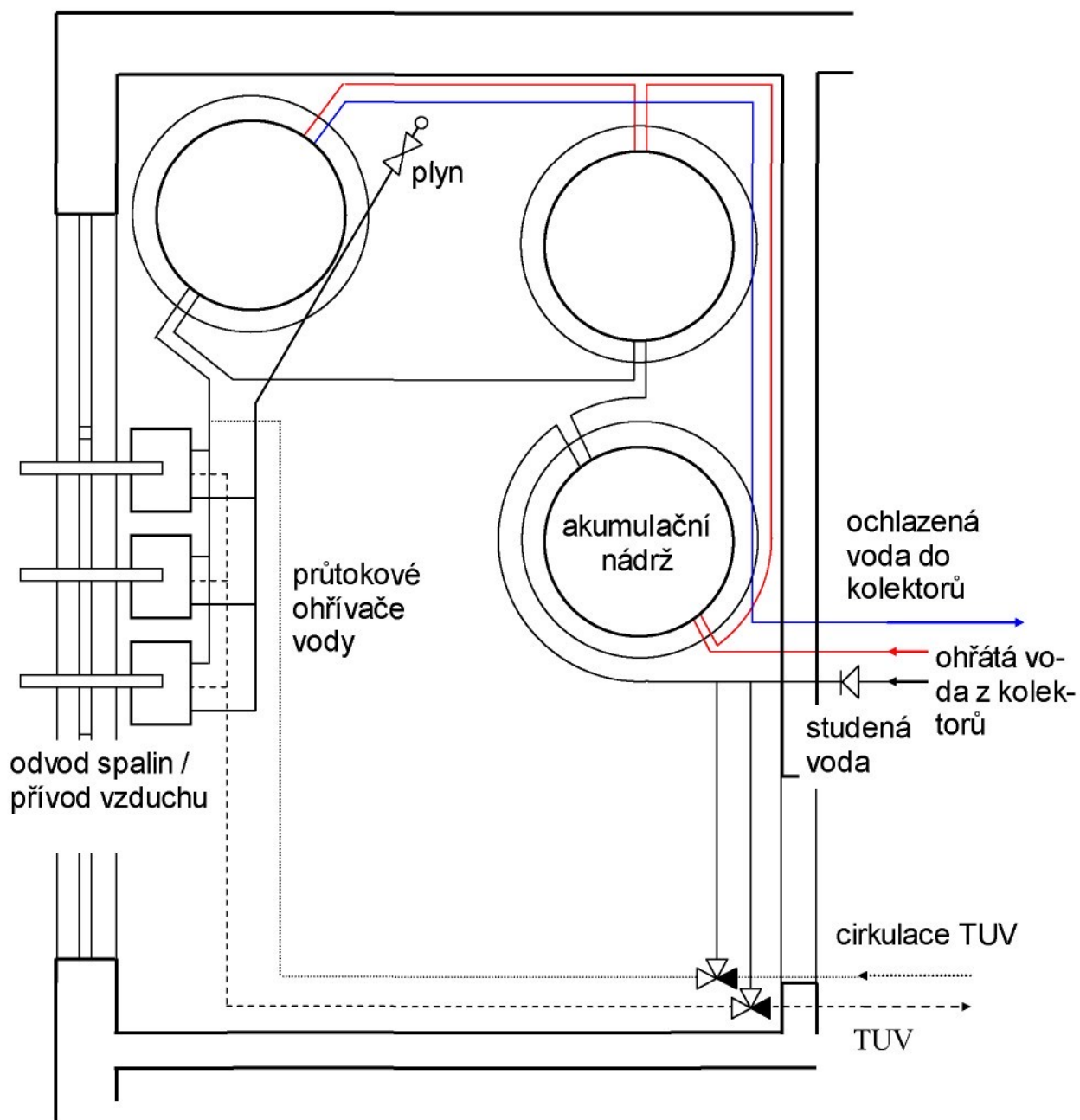


Schéma zapojení akumulční nádrže a průtokových ohřívačů vody na ohřev TUV, varianta V střední pokrytí



Příloha IX

Schéma umístění průtokových plynových ohřivačů vody a akumulčních nádob v místnosti v nejnižším podlaží, varianta V střední pokrytí



Příloha X

Schéma umístění kolektorů na střeše bytového domu, varianta V střední pokrytí

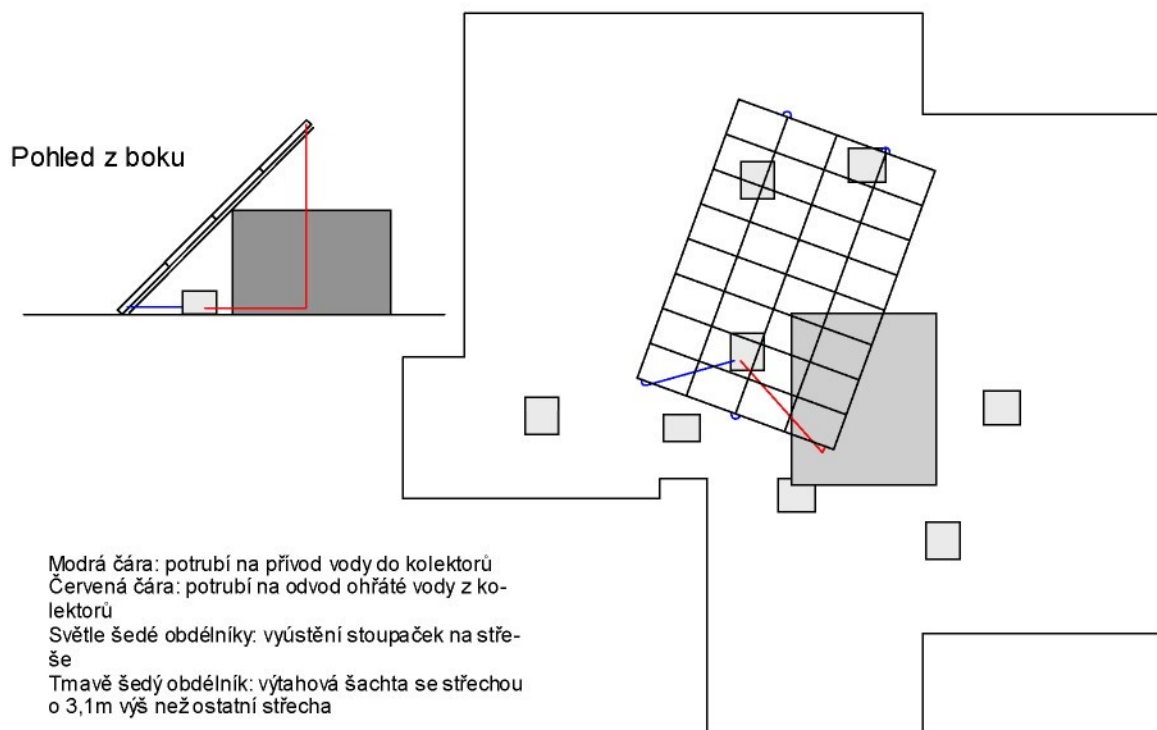
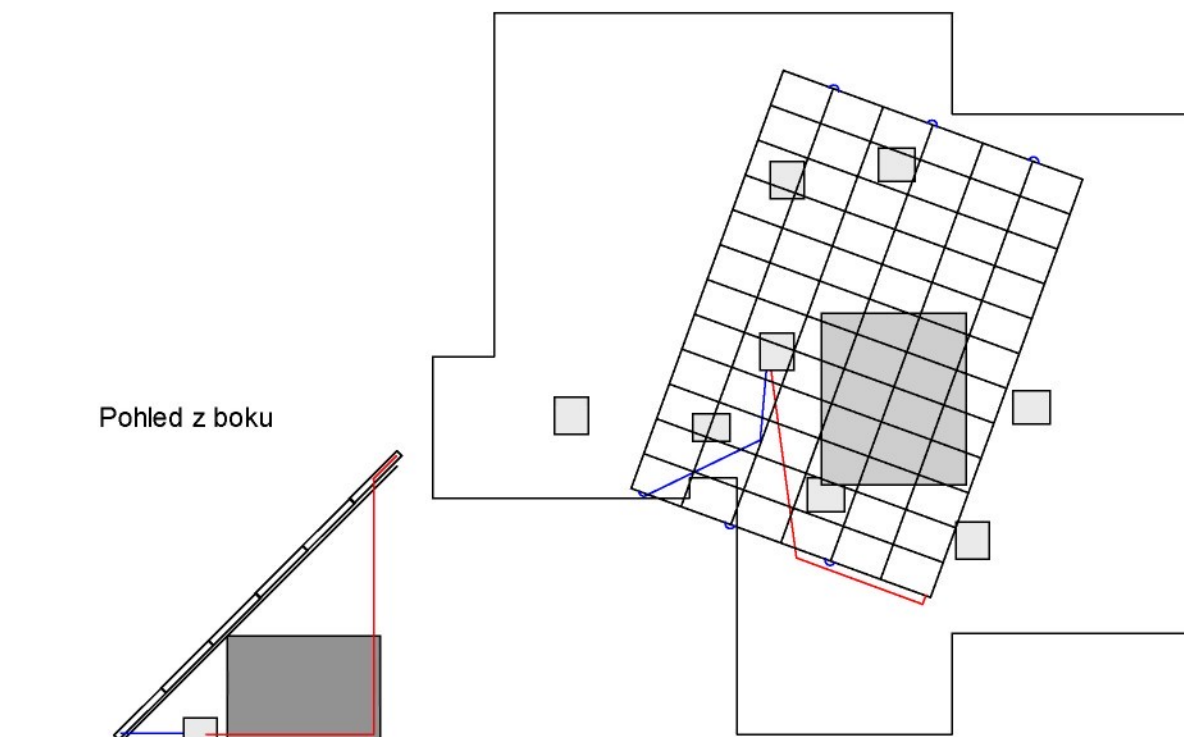


Schéma umístění kolektorů na střeše bytového domu, varianta V maximální pokrytí



Příloha XI

Schéma umístění „drain back“ nádrže v prostoru schodiště na podestě v posledním patře.

