

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní



DIPLOMOVÁ PRÁCE

2005

Bc. Petr Bruckner

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA STROJNÍ
Katedra energetických zařízení



PETR BRUCKNER

Solární systém v energeticky úsporné budově

(Solar system in energy saving building)

Vedoucí diplomové práce:

Doc. Ing. Jiří Unger, CSc.

Konzultant diplomové práce:

Ing. Dalibor Skácel

Rozsah práce:

Počet stran: 71

Počet obrázků: 23

Počet tabulek: 17

Počet grafů: 11

Počet příloh: 4

Liberec 2005

Anotace

Diplomová práce se zabývá přeměnou slunečního záření v energii tepelnou prostřednictvím termických kolektorů pro ohřev TUV a přitápění a s tím souvisejícími druhy solárních soustav dle druhu použití.

Experimentální část diplomové práce se nejprve zabývá laboratorním měřením pro ověření hodnot uváděných řídicí jednotkou řídicí chod solární soustavy.

Druhá část experimentálního měření se zabývá množstvím tepelné energie, které je solární topná soustava schopná transformovat ze slunečního záření v konkrétním případě za dané přechodové období. Dále se zabývá zajímavými aspekty zjištěnými při experimentálním měření, jako je např. vývoj teplot v solárním zásobníku, či jaké jsou vlivy na provoz solární soustavy.

Anotation

This diploma thesis deals with the conversion from solar radiation to thermal energy through a thermic collector for water heating and auxiliary heating. The thesis also includes a sort of solar systems according to application.

The first part is based on an experimental laboratory measurement to verify the magnitudes from the driving unit of a solar system regulator.

The second part of the thesis deals with the quantity of thermal energy which the solar heating system is able to transform from solar radiation in a defined time period and a few interesting aspects which were found during the experimental part for instance: the progression of temperature inside the solar tank and the influence of the solar system during activity.

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 diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou 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: 23.5. 2005

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 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: 23.5. 2005

Signature:

Poděkování

Za odborné vedení a cenné rady při sestavování této diplomové práce děkuji panu Doc. Ing. Jiřímu Ungerovi, CSc a panu Ing. Daliboru Skácelovi.

Velice rád bych poděkoval za ochotu a pomoc při měření panu Petru Jerjemu a panu Bohumilu Ostrčilovi.

Nakonec bych rád poděkoval svým rodičům za jejich skvělou podporu v celém období mého studia.

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů.....	8
1. Úvod.....	10
2. Využití sluneční energie.....	11
2.1. Slunce a jeho energie.....	12
2.2. Energie dopadající na osluněnou plochu.....	14
2.2.1. Orientace ke slunci.....	15
2.3. Energie zachycená absorpční plochou.....	16
2.3.1. Účinnost kolektoru.....	18
2.3.2. Teploty v kolektoru.....	20
2.3.3. Energetické zisky kolektorů.....	21
3. Sluneční kolektory, typy.....	21
3.1. Bazénové kolektory.....	22
3.2. Ploché kolektory.....	22
3.2.1. Selektivní vrstvy.....	23
3.3. Vakuované kolektory.....	23
3.3.1. Základní principy vakuovaných kolektorů.....	24
3.4. Podtlakové kolektory.....	24
3.5. Kolektory jiných konstrukcí.....	25
4. Řazení a propojení kolektorů.....	25
5. Členění solárních soustav.....	26
5.1. Solární soustavy pro ohřev TUV.....	27
5.1.1. Samotížné systémy.....	27
5.1.2. Systémy s nuceným oběhem.....	27
5.2. Solární soustavy pro ohřev TUV a vytápění.....	28
6. Způsoby provozu solárních soustav.....	31
6.1. Bezpečnost soustav.....	32
7. Teoretická část.....	33
7.1. Výpočet tepelných ztrát objektu.....	34

7.2.	Výpočet plochy kolektorů pro ohřev TUV.....	37
7.3.	Výpočet spotřeby tepla na vytápění denostupňovou metodou, porovnání.....	39
8.	Experimentální část.....	43
8.1.	Kalibrace průtokoměru S-IMP-02.....	44
8.2.	Stanovení kalibračního faktoru pro řídicí systém.....	46
8.3.	Měření slunečního svitu.....	48
8.4.	Využitelnost dopadajícího záření versus solární krytí potřeby TUV a přítápění.....	54
9.	Porovnání hodnot.....	57
9.1.	Stanovení solárních zisků.....	59
9.2.	Průběhy teplot v systému.....	60
9.3.	Optimalizace solárního systému.....	64
9.4.	Množství a kvalita energie.....	64
9.5.	Ekonomické zhodnocení.....	66
10.	Závěr.....	68
	Seznam použité literatury.....	70
	Seznam příloh.....	71

Seznam použitých zkratek a symbolů

<u>Značka</u>	<u>Jednotky</u>	<u>Význam</u>
c_p	$[\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}]$	měrná tepelná kapacita (za $p = \text{konst}$)
Q	$[\text{J}]$	úhrnné množství energie
$\dot{Q}$	$[\text{W}]$	tepelný výkon
Φ	$[\text{Wm}^{-2}]$	intenzita slunečního záření, zářivý tok
k	$[\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}]$	součinitel prostupu tepla
$\dot{m}$	$[\text{kgs}^{-1}]$	průtočné množství
n	$[1]$	počet členů
r	$[1]$	souč. reflexe
S	$[\text{m}^2]$	plocha
t	$[\text{°C}]$	teplota
V	$[\text{m}^3]$	objem
$\dot{V}$	$[\text{m}^3\text{s}^{-1}]$	objemový průtok
x	$[\text{m}^2\text{KW}^{-1}]$	redukována teplotní diference
α	$[\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}]$	součinitel přestupu tepla
δ	$[\text{m}]$	tloušťka vrstvy
ε	$[1]$	opravný součinitel
η	$[1]$	účinnost
λ	$[\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}]$	souč. tepelné vodivosti vrstvy
ρ	$[\text{kgm}^{-3}]$	hustota
τ	$[\text{s}]$	doba slunečního svitu
τ_r	$[1]$	transmisní součinitel
$\bar{\tau}$	$[1]$	poměrná doba slunečního svitu
cca		přibližně
č.		číslo
ČHMÚ		Český hydrometeorologický ústav

DP	diplomová práce
en.	energie
fce.	funkce
l	litr
např.	například
resp.	respektive
slun.	sluneční
souč.	součinitel
stř.	střední
teor.	teoreticky
tj.	to je
TUV	teplá užitková voda
tzn.	to znamená
tzv.	tak zvaný
výška n. m.	výška nad mořem
vyt.	vytápění

1. ÚVOD

Již naši předkové tušili, že slunce je dárce zemského života. Konkrétní představy o tom, jakým způsobem plní tuto svou funkci, však tenkrát neexistovaly. Člověk přijímal vděčně sluneční světlo a teplo a vzýval slunce jako božstvo. [15]

Slunce je po miliony let nejdůležitějším dodavatelem energie pro Zemi. Fosilní energetické suroviny jako uhlí, ropa a zemní plyn, které se dnes těží v ohromném měřítku, jsou zásobníkem sluneční energie z dřívějších věků Země. Díky technickému pokroku a s tím spojené vyšší spotřebě energie jsou miliony let ukládané zásoby energie během několika desetiletí vyčerpány. Z toho vyplývá nutnost náhrady fosilních zásob jinými alternativami. Platí to stejnou měrou i pro uran – tedy využití jaderné energie, tak i pro jiné suroviny těžené na Zemi. Ještě hrozivější je trvalé poškozování prostředí a klimatu, způsobené v podstatě marnotratným zacházením se zdroji surovin. Řešením mohou být snížení spotřeby energie na jedné straně a využívání obnovitelných zdrojů energie na straně druhé. Obě cesty musí být využívány paralelně. [8]

Diplomová práce pojednává o obnovitelném zdroji, kterým je sluneční energie. Zabývá se slunečním zářením a možnostmi jeho využití, zejména pro ohřev pitné vody a vytápění v energeticky úsporných budovách.

Diplomová práce se zabývá přeměnou slunečního záření v energii tepelnou prostřednictvím termických kolektorů a s tím souvisejícími druhy solárních soustav dle druhu použití.

Experimentální část se zabývá množstvím tepelné energie, které je solární topná soustava schopná transformovat se slunečního záření v konkrétním případě za dané přechodové období a dalšími zajímavými aspekty zjištěnými při experimentálním měření, jako je např. vývoj teplot v solárním zásobníku, či co všechno a jak mnoho ovlivňuje solární soustavu při jejím provozu.

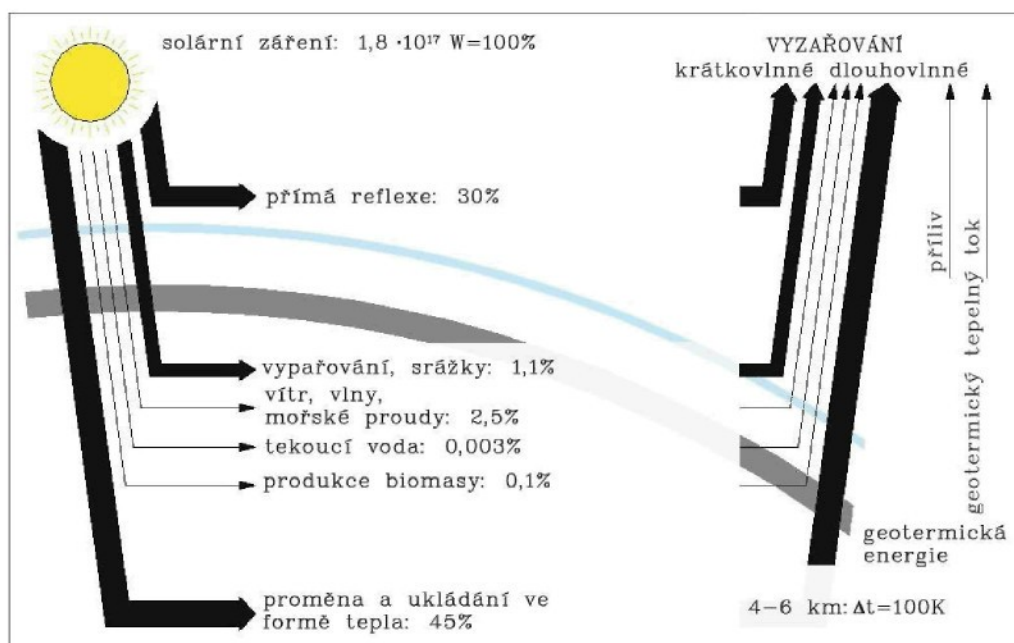
2. VYUŽITÍ SLUNEČNÍ ENERGIE

Vedle úspor musí být pro krytí spotřeby energie přibrány pokud možno rychle obnovitelné zdroje energie, tedy takové, které se soustavně obnovují a podle lidských měřítek jsou neomezeně k dispozici. K těmto zdrojům náleží pohyb planet, geotermie a s velkým odstupem nejdůležitější – sluneční záření, tedy energie Slunce.

Samotným zářením Slunce je Zemi a její atmosféře přiváděn kontinuální příkon $1,8 \cdot 10^{17} \text{ W}$. Sluneční energie přiváděná na Zemi je asi 11 000 krát větší, než činí světová potřeba energie celého lidstva. Tato potřeba by se dala plně pokrýt sluneční energií, kdyby bylo sluneční záření využito na 0,13 % zemského povrchu s pouhou 5 % účinností energie.

Při středoevropském počasí a naší vysoké spotřebě je úplné pokrytí potřeb solární energií teoreticky možné. [8]

Obr.1 - Toky energie na Zemi



2. 1. SLUNCE A JEHO ENERGIE

Z fyzikálního hlediska je Slunce průměrnou stálicí. Ovšem vzhledem ke své vzdálenosti od Země zaujímá centrální postavení. Vzdálenost mezi Sluncem a Zemí je $150 \cdot 10^6$ km a je označována jako AE – astronomická jednotka. Průměr Slunce je $1,39 \cdot 10^6$ km a je tedy přibližně 109 krát větší než průměr Země.

Z hlediska kosmické polohy, je Slunce přibližně ve středu jednoho ze spirálních ramen naší galaxie, jejíž celková délka je cca 70 000 a výška 30 000 světelných let, což je vzdálenost, kterou urazí světlo za 1 rok.

Hmota slunce se původně skládala téměř ze 75 % Vodíku a 24 % Helia. Všechny ostatní prvky tvořily asi 1 %. Neustále dochází k úbytku hmotnosti asi $5 \cdot 10^9$ kgs⁻¹, a právě tato ztráta hmotnosti je příčinou ohromné svítivosti Slunce. [15]

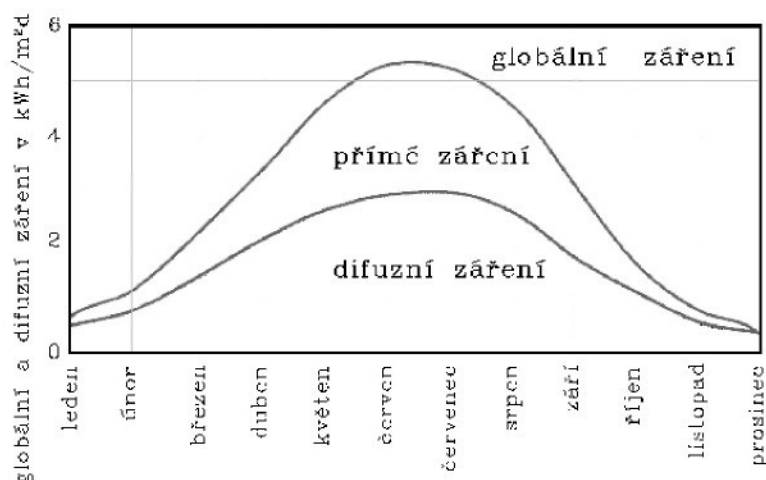
Slunce, jehož povrchová teplota je přibližně 6000K, vyzařuje do kosmického prostoru paprsky vlnových délek od 10^{-10} do 10^3 m. Z toho jsou pro přenos energie významné paprsky o vlnové délce $0,2 \cdot 10^{-6}$ až $3 \cdot 10^{-6}$ m. tj. 0,2 až 3,0 (μ m). Na hranici atmosféry Země je intenzita slunečního záření

$\Phi = 1340$ až 1390 (Wm⁻²), (v průměru 1360 Wm⁻²), což je tzv. sluneční konstanta

Průchodem paprsků atmosférou se intenzita slunečního záření zmenšuje. Dochází jednak k rozptylu paprsků odrazem o molekuly plynů a částičky prachu ve vzduchu, jednak k absorpci záření víceatomovými plyny, jako jsou např. vodní pára H₂O, oxid uhličitý CO₂ či ozón O₃, které jsou obsaženy ve vzduchu. Mírou tohoto zmenšení intenzity slunečního záření je tzv. součinitel znečištění atmosféry, který závisí na obsahu příměsí ve vzduchu a na atmosférickém tlaku (na nadmořské výšce). [5]

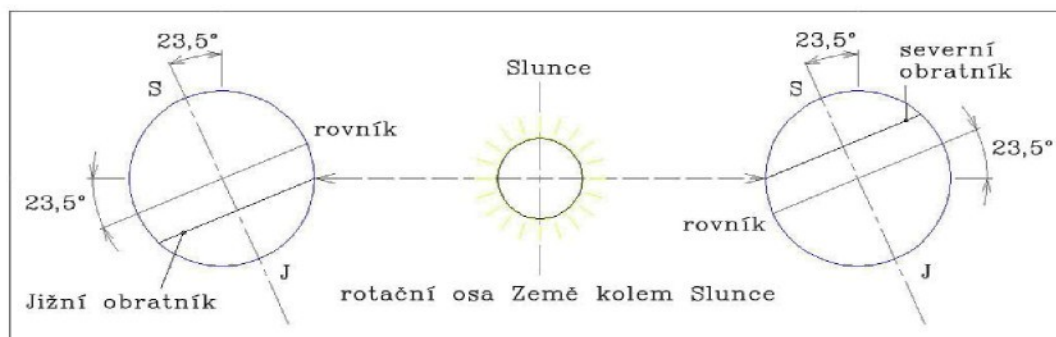
Při jasné, bezmračné obloze dopadá největší část záření na Zemi, aniž by měnilo směr. Toto přímé záření lze soustřeďovat např. zrcadly nebo čočkami. Rozptylem přímého záření v mracích a na částicích v atmosféře dochází k difúznímu záření, které na Zemi přichází ze všech směrů. Difúzní záření nelze koncentrovat.

Souhrn přímého a difúzního záření se označuje jako záření globální.

Obr. 2 - podíl difúzního záření na globálním záření**Tab. 1 -** Výkony zářivé energie a podíl difúzního záření při různých podmínkách

počasí	Záření (Wm^{-2})	Difúzní podíl (%)
Modré nebe	800-1000	10
Zamlžené nebe	600-900	až 50
Mlhavý podzimní den	100-300	100
Zamračený zimní den	50	100
Celoroční průměr	600	50 až 60

Vlivem otáčení Země a jejího oběhu kolem Slunce během roku kolísá energie dopadajícího záření. V zimě přijímá severní polokoule méně energie než v létě, protože dny jsou kratší a Slunce je níže na nebi.

Obr. 3 - Vliv sklonu zemské osy na dopadající sluneční energii

Pro navrhování solárních soustav je potřebné vyjadřovat nabídku záření ze Slunce v číslech. Na meteorologických stanicích jsou měřeny především dvě hodnoty solárního záření:

- Délka slunečního svitu
- Sumy globálního záření

Tyto hodnoty byly měřeny i v experimentální části. [8]

2.2. ENERGIE DOPADAJÍCÍ NA OSLUNĚNOU PLOCHU

Úhrnné množství dopadající energie v (J) na osluněnou plochu se stanoví ze vztahu

$$Q_{den\ teor} = \int_{\tau_1}^{\tau_2} \phi d\tau \quad (2.1)$$

ϕ intenzita slunečního záření (Wm^{-2})

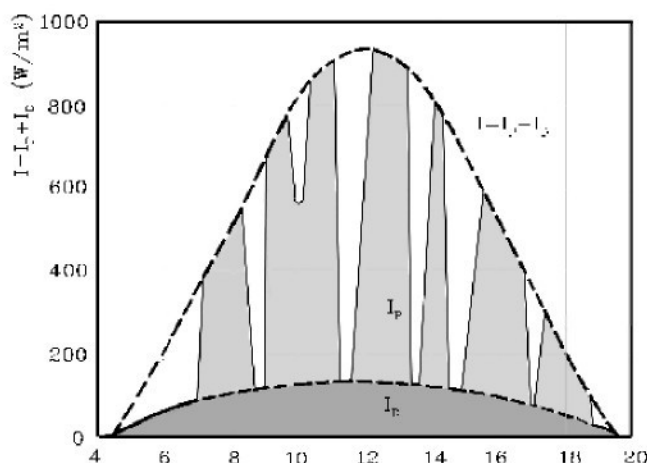
τ doba slunečního svitu (s)

Krajními hodnotami τ_1 a τ_2 je určena tzv. teoretická doba slunečního svitu τ_{teor} .

Střední intenzita slunečního záření se určí dle vztahu

$$\phi_{stř} = \frac{Q_{den\ teor}}{\tau_{teor} \cdot S_{kol}} \quad (2.2)$$

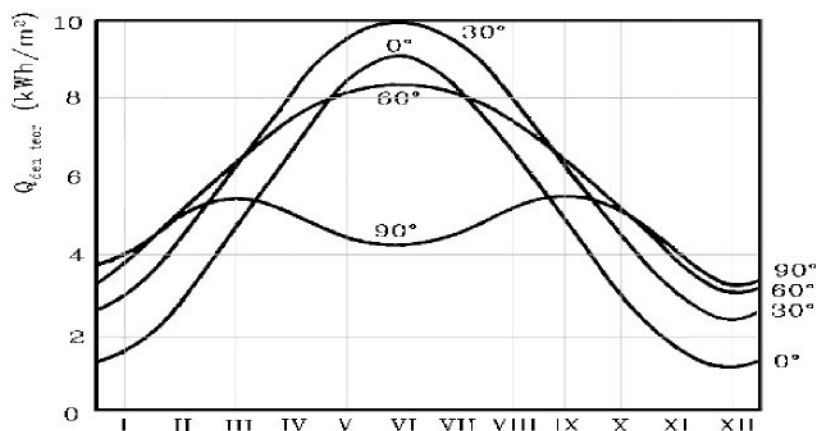
Teoreticky možné množství energie $Q_{den\ teor}$ dopadá na osluněnou plochu jen ve slunečních dnech, kdy slunce svítí nepřetržitě po celou teoreticky možnou dobu slunečního svitu. Ovšem během dne se střídá jasná obloha s oblohou zataženou mraky. [5]

Obr. 4 - Skutečný průběh intenzity slunečního záření během dne

2. 2. 1. ORIENTACE KE SLUNCI

Orientací kolektoru ke slunci se dá příjem zářivé energie optimalizovat. Největší výtěžky mohou být docíleny, sleduje-li kolektor sluneční dráhu. Ovšem poměr mezi náklady a užitek je tak nevýhodný, že se u nekoncentrujících kolektorů nedoporučují.

Největšího zisku energie se dosahuje v letním období při sklonu cca 30° , zatímco pro dobré a relativně stejnoměrné zisky energie v přechodných obdobích, tj. od března do října, je příznivější sklon od 50 do 60° . Pro celoroční využití jsou akceptovatelné sklony mezi 30 a 60° . [8, 5]

Obr. 5 - Roční průběh teoreticky možné energie dopadající za den při různém sklonu osluněné plochy

2. 3. ENERGIE ZACHYCENÁ ABSORPČNÍ PLOCHOU

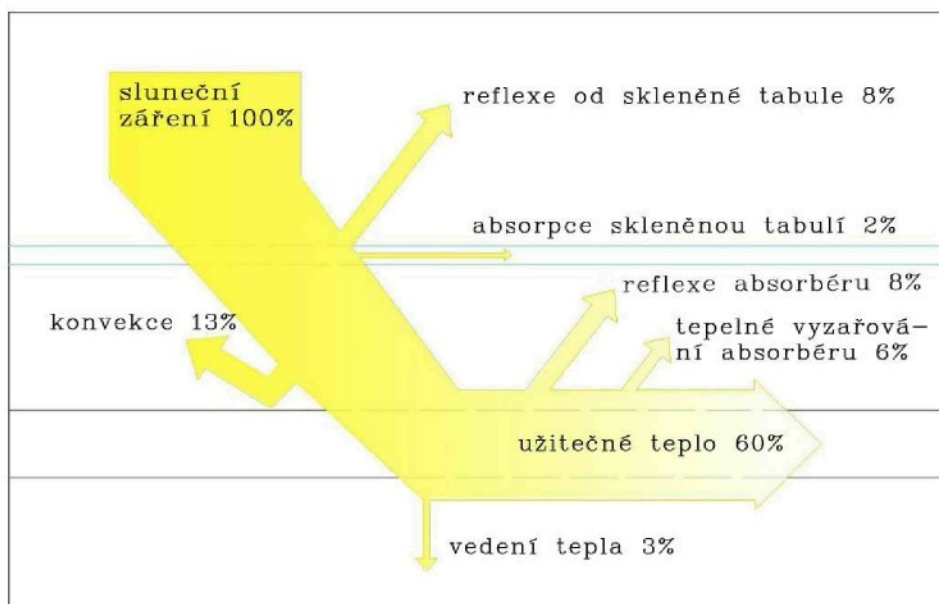
Dopadající energie slunečního záření se zachycuje slunečními kolektory.

Černá deska uvnitř kolektoru se nazývá absorber. Na jeho povrchu se solární záření mění na teplo. V absorberu, nebo na něm jsou připevněny trubky, kterými protéká teplotonosná kapalina. Absorbér i trubky musí dobře odvádět teplo, proto jsou vyráběny z dobře teplo vodivých materiálů.

Jelikož zářivá energie vyrovnává tepelným tokem i teplotní rozdíly, tak ohřátý absorber část slunečního tepla zase ztrácí vyzařováním, konvekcí a vedením tepla.

[8]

Obr. 6 - Proudění energie v plochém kolektoru



Dle (obr. 7) se zářivý (měrný tepelný) tok zachycený absorberem Φ_{kol} ve (Wm^{-2}) stanoví ze vztahu

$$\Phi_{kol} = \eta_o \cdot \Phi - k_1 \cdot (t_{kol} - t_V) - k_2 \cdot (t_{kol} - t_V) \quad (2.3)$$

η_o optický stupeň účinnosti (1)

Φ zářivý tok (Wm^{-2})

- k_1 součinitel prostupu tepla vrstvou na přední straně absorbéru ($\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$)
 k_2 součinitel prostupu tepla vrstvou na zadní straně absorbéru ($\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$)
 t_{kol} střední teplota absorpční plochy ($^{\circ}\text{C}$)
 t_V teplota okolního vzduchu ($^{\circ}\text{C}$)

Optický stupeň účinnosti udává, jaký zlomek dopadajícího záření Φ bude přeměněn na teplo.

$$\eta_o = \tau_r \cdot r \quad (2.4)$$

τ_r transmisní součinitel (propustnost záření) (1)

r součinitel reflexe (1)

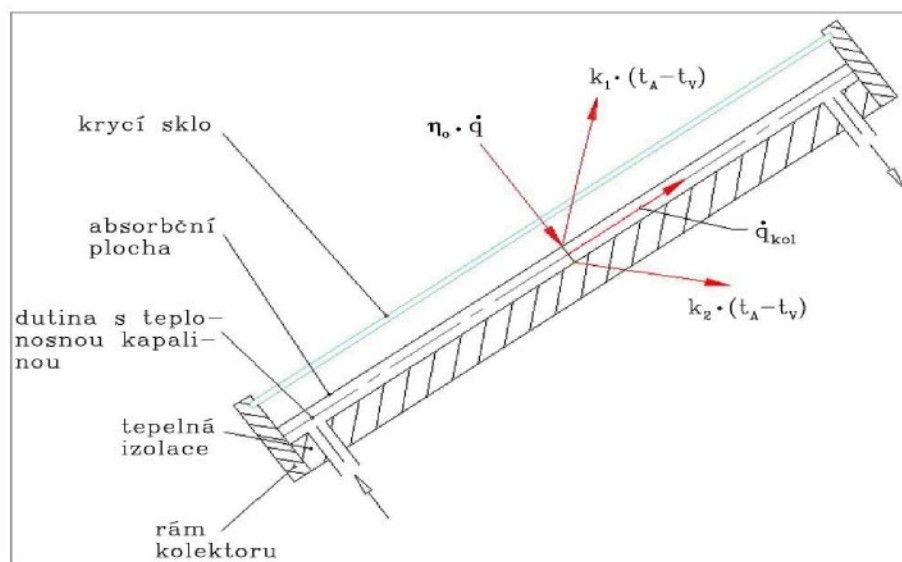
přičemž střední teplota absorbéru odpovídá hodnotě

$$t_{kol} = \frac{t_{kol\ vstup} + t_{kol\ výstup}}{2} \quad (2.5)$$

$t_{kol\ vstup}$ teplota média na vstupu do kolektoru ($^{\circ}\text{C}$)

$t_{kol\ výstup}$ teplota média na výstupu z kolektoru ($^{\circ}\text{C}$)

Obr. 7 - Schéma plochého slunečního kolektoru



Slunce vysílá na Zemi energii ve formě elektromagnetického záření. Povrchy, které absorbují stejnoměrně všechny barvy spektra se jeví lidskému oku černé - žádná

barva není reflektována. Ovšem ideálně černá plocha, která absorbuje stejnoměrně všechny vlnové délky, vydává také silně tepelné záření. Pro redukci těchto ztrát vyzařováním absorberu se používají při konstrukci kolektorů přednostně tzv. selektivní vrstvy. Transparentní kryt má nechat sluneční spektrum úplně bez překážek procházet, ale pro zpětné vyzařování má být co nejvíce nepropustný.

Tepelný výkon vyvinutý na absorberu ovlivňuje zvýšení teploty absorberu t_{kol} oproti teplotě okolí t_v . Přibližně na stejnou teplotu se ohřeje i absorberem protékající teplotonosná kapalina. Vlivem nevyhnutelných tepelných ztrát teplejších těles není celkový, na absorberu vyvinutý tepelný výkon teplem užitečným. Tyto ztráty je nutné odečíst.

Velikost tepelných ztrát je značně závislá na konstrukci kolektoru a na rozdílu teplot $(t_{kol} - t_v)$ mezi absorberem a vnějším vzduchem. Čím větší je rozdíl mezi absorberem a okolím, tím větší jsou tepelné ztráty. Tepelné ztráty kolektorové plochy ve (Wm^{-2}) jsou z (2.3)

$$\Phi_{tr} = k \cdot (t_{kol} - t_v) \quad (2.6)$$

$$k = k_1 + k_2 \quad (2.7)$$

U plochého kolektoru mohou být zadní strana skříně a její stěny účinně izolovány úměrně tlustými vrstvami izolace. Jistým slabým místem je transparentní kryt přední strany, který s ohledem na maximální propustnost světla omezuje možnost ochrany tepla. Zde používají moderní kolektory jeden, či dva kryty, případně kombinace s fólií na vnitřní straně, které jsou pokud možno málo propustné pro dlouhovlnné tepelné vyzařování z horkého absorberu. [5, 8]

2. 3. 1. ÚČINNOST KOLEKTORU

Účinnost je definována jako poměr mezi zachyceným a dopadajícím tepelným tokem ze vzorce

$$\eta = \frac{\Phi_{kol}}{\Phi_{tr}} = \eta_o - k \cdot \frac{(t_{kol} - t_v)}{\Phi_{tr}} = \eta_o - k \cdot x \quad (2.8)$$

$$x = \frac{(t_{kol} - t_v)}{\phi} \quad (2.9)$$

x redukovaná teplotní difference (Km^2W^{-1})

Vyazuje-li absorber stejnou teplotu jako okolní vzduch, nenastávají žádné tepelné ztráty. Kolektor v tomto případě dosahuje maximálního stupně účinnosti, který je sám určen optickými ztrátami.

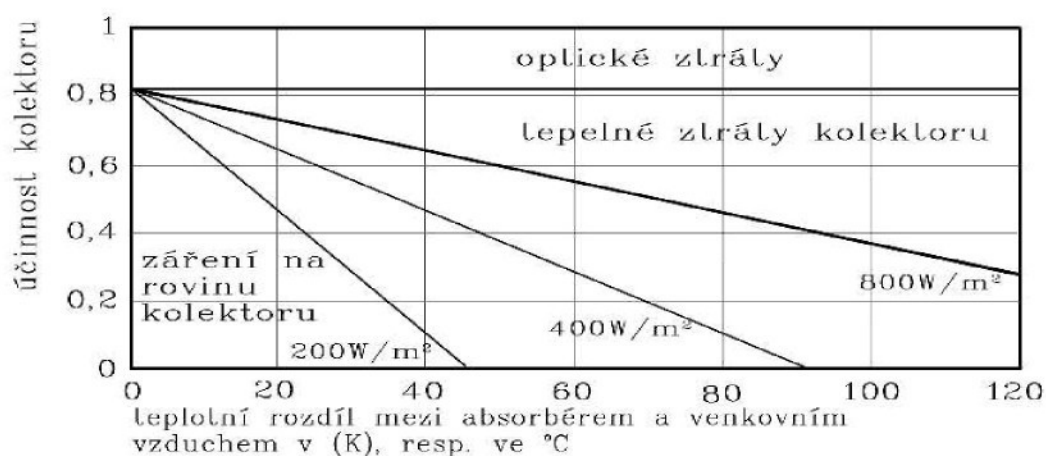
Praktická měření na kolektorech dnes ovšem ukazují, že se lineární průběhy neshodují s realitou. Při velkých rozdílech teplot mezi absorberem a okolím nestoupají více tepelné ztráty lineárně s teplotním rozdílem, ale vlivem přibývajících zpětného vyzařování tepla stoupají více.

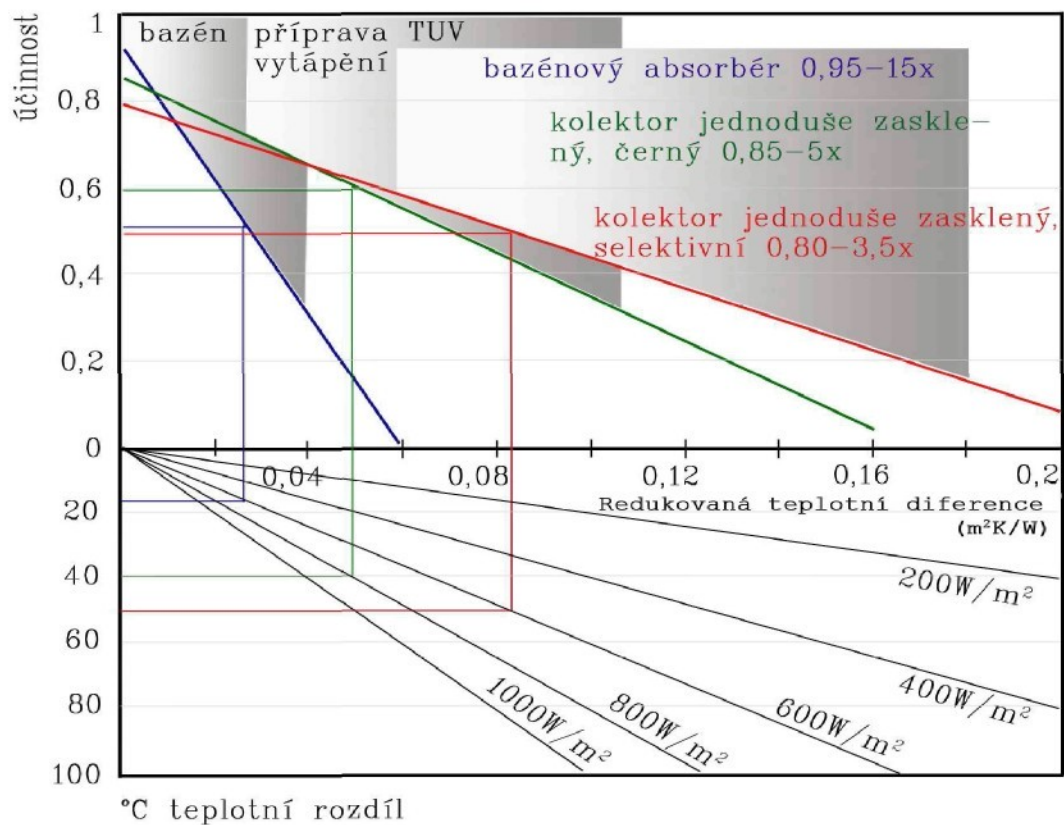
Účinnost po zavedení kvadratického členu do kolektorové rovnice potom je:

$$\eta_{teor} = \eta_o - k_1 \cdot x - k_2 \cdot x^2 \cdot \phi \quad (2.10)$$

Kde součinitele k_1 ve ($Wm^{-2}K^{-1}$) a k_2 ve ($Wm^{-2}K^{-2}$) popisují tepelné ztráty

Obr. 8 - Účinnost kolektoru jako fce. rozdílu teplot mezi absorberem a okolím při různém slunečním záření



Obr. 9 - Charakteristiky různých konstrukcí kolektoru

Horní část diagramu představuje účinnost jako fci. redukované teplotní difference x . Spodní díl dovoluje grafické stanovení x z rozdílů teplot záření. [8]

2. 3. 2. TEPLOTY V KOLEKTORU

Teplota v absorběru závisí na stupni chlazení teplonosnou kapalinou. Pro výpočet tepelného výkonu $\dot{Q}$ ve (W) platí vztah

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c_p \cdot (t_{kol \text{ výstup}} - t_{kol \text{ vstup}}) \quad (2.11)$$

$\dot{m}$ průtokné množství (kgs⁻¹)

c_p měrná tepelná kapacita (Jkg⁻¹K⁻¹)

Absorbérem zachycený měrný tepelný tok $\dot{q}_{kol}$ je využit k ohřátí protékajícího média o teplotní rozdíl $\Delta t = t_{kol\ v\ \text{výstup}} - t_{kol\ v\ \text{vstup}}$. Zachycený tepelný tok $\dot{Q}_{kol}$ z rovnice (2.3) může tedy být sestaven s tepelným výkonem $\dot{Q}$ z rovnice (2.11) pro ohřev proudu kapaliny. [8]

$$\dot{q}_{kol} = \frac{\dot{Q}}{S_{kol}} = \frac{\eta_o \cdot \dot{Q} - k_1 \cdot (t_{kol} - t_v) - k_2 \cdot (t_{kol} - t_v)}{S_{kol}} \quad (2.12)$$

2. 3. 3. ENERGETICKÉ ZISKY KOLEKTORŮ

Díky hodnotám charakteristik kolektorů je možné je navzájem porovnávat. Ovšem podstatně názornější je porovnání energetických zisků kolektorů. V literatuře [9, 15] jsou přehledně uspořádány charakteristiky a technická data kolektorů. Podle konstrukce byly určeny směrné hodnoty energetických zisků dle (tab. 2). [8]

Tab. 2 - Energetické zisky kolektorů

Typ kolektoru	(kWhm ⁻² rok ⁻¹)
Ploché kolektory bez selektivního povrstvení	250 až 400
Ploché kolektory se selektivním povrstvením	320 až 530
Vakuované trubicové kolektory	400 až 890

3. SLUNEČNÍ KOLEKTORY, TYPY

Kolektory jsou nejdůležitější součástí aktivních slunečních systémů. Slouží k zachycování energie záření a k převodu této energie na teplo, kterým se zahřívá teplotonosná tekutina. Kolektory jsou vystaveny nepříznivým vlivům proměnlivého počasí a proto je nutné věnovat konstrukci, výrobě, montáži a údržbě kolektorů velkou péči. Konstrukce kolektorů je vždy kompromisem mezi teoretickými poznatky, výrobními možnostmi a celkovou ekonomickou efektivností slunečních systémů. [5]

3. 1. BAZÉNOVÉ KOLEKTORY

Bazénový kolektor sestává zpravidla jen z černého absorberu, bez skříně chránící teplo a bez transparentního krytu. Tepelná izolace vzhledem k nízkým rozdílům teplot mezi absorberem a okolím není potřeba. Aby byla dosažena dobrá účinnost, má mít materiál dobrou absorpci záření a dobrou tepelnou vodivost. [8]

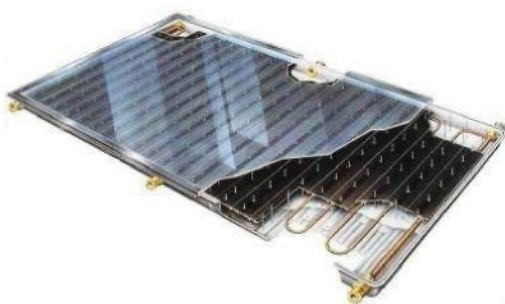
3. 2. PLOCHÉ KOLEKTORY

Skládají se z kovového absorberu a z ploché skříně, opatřené na sluneční straně transparentním krytem. Díky tepelně izolované skřini mohou ploché kolektory vyvinout teplo s dobrou účinností i při teplotách 40 až 60 K nad teplotou okolí. Hlavní oblastí využití je dnes příprava teplé vody, zejména mimo topné období. Absorbér musí měnit dopadající sluneční záření pokud možno úplně na teplo a toto dobře převádět do teplotnosného média. Absorbér tedy musí mít vysoký součinitel absorpce plochy absorberu, dobrou tepelnou vodivost a musí mít malé zpětné vyzařování.

Transparentní kryt musí být co nejvíce propustný pro světlo a současně má minimalizovat ztráty tepelným vyzařováním a konvekcí. Dále musí být odolný vůči vysokým teplotám, počasí a UV-záření.

Větší část tepla se ztrácí konvekcí od absorberu k vnějšímu plášti a další, menší část, vedením tepla sklem a tepelnou izolací.

Obr. 10 - Skladba plochého kolektoru Heliostar 400



Životnost kolektoru je určována zejména korozní odolností absorberu a jeho povrstvením, odolností transparentního krytu a

jeho utěsněním ve skříní. Podrobnější informace týkající se materiálů pro stavbu kolektorů lze najít v [10, 16].

Zcela podstatně závisí výkonnost absorberu na povrstvení jeho horní plochy. Ta musí vykazovat nejen vysoký stupeň absorpce, ale musí být odolná i vůči teplotám a jejich častému střídání. Vedle černých nátěrů, nanášených často nástřikem, jsou to při dnešním stavu techniky selektivní vrstvy, jimiž se dají tepelné ztráty kolektoru výrazně snížit. [8]

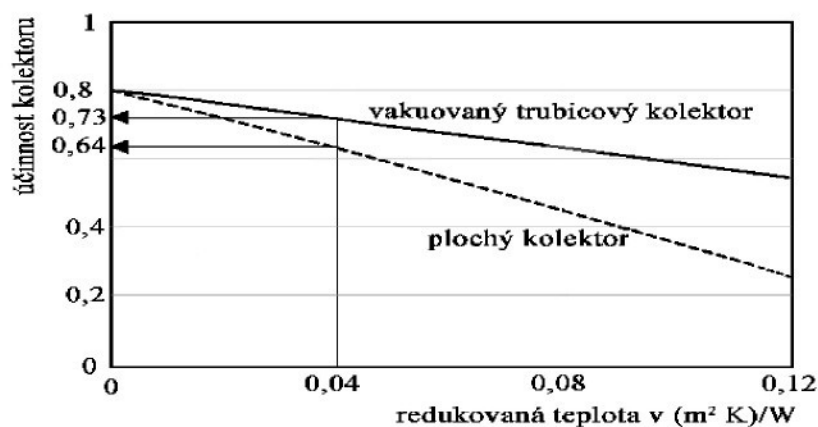
3. 2. 1. SELEKTIVNÍ VRSTVY

Nejpoužívanější je dnes galvanicky nanášený černý chrom, či niklem pigmentovaný hliník. Jedná se velmi tenké vrstvy s citlivostí vůči tukům. Novější postup vytváření vrstev je natryskání, označované jako – CVD (Chemical Vapour Deposition), PVD (Physical Vapour Deposition), nebo PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition). Pro tyto nové způsoby nanášení je potřeba méně energie, výrobní proces je šetrnější k životnímu prostředí (nevznikají jedovaté výpary, nebo těžké kovy), jejich recyklace je bezproblémová a fyzikální hodnoty vykazují lepší výsledky. [8]

3. 3. VAKUOVANÉ KOLEKTORY

Vakuované kolektory využívají metodu snižování tepelných ztrát spočívající v odstranění vzduchu, jako transportního media z kolektoru.

Obr. 11 - Srovnání charakteristik plochého a vakuovaného trubicového kolektoru



Srovnání charakteristik dle (obr.11) prokazuje převahu vakuovaného kolektoru při velkých teplotních rozdílech mezi absorbérem a okolím, nebo při menším záření.

Při vyšších nákladech na vakuovaný kolektor má smysl jej používat tehdy, když se má v provozních podmínkách docílit skutečně vyššího zisku energie. Jsou tedy vhodné především pro aplikace s vyššími teplotami, jako např. při výrobě technologického tepla, nebo pro vytápění. Nejsou vhodné pro přípravu TUV a zcela zbytečné jsou pro ohřev bazénové vody. [8]

3.3.1. ZÁKLADNÍ PRINCIPY VAKUOVANÝCH KOLEKTORŮ

1. Protékané absorbéry - teplotnosné médium zde přímo protéká absorbérem.
2. Absorbéry s tepelnou trubicí „HEAT PIPE“ – lamelový absorbér je konstruován jako tepelná trubice vyplněná snadno se vypařující kapalinou (voda při sníženém tlaku, či alkohol). Ta se při záření vypařuje, stoupá tepelnou trubicí vzhůru do kondenzátoru, kde předá teplo, kondenzuje a zase stéká dolů. Předané teplo je odváděno teplotnosným médiem, protékajícím kolektorovým okruhem. [8]

3.4. PODTLAKOVÉ KOLEKTORY

Tento typ kolektoru je použit v solárním systému, vyhodnocovaném v experimentální části diplomové práce. Jde o částečně vakuovaný plochý kolektor. Absorbér s vysoce selektivní vrstvou je zavěšen ve vaně z hluboce taženého plechu ušlechtilé oceli, jako transparentní kryt je použito 5 mm tlusté bezpečnostní solární sklo, spojené se skříní speciálním, tepelně odolným těsněním. K zachycení extrémního tlakového zatížení na přední a zadní stranu kolektoru slouží rastr nerezových kolíků kolmo na obě plochy, viz. (obr 10).

Nově je tento kolektor plněn vzácným plynem kryptonem na tlak 50mbar. [8]

3. 5. KOLEKTORY JINÝCH KONSTRUKCÍ

Existuje samozřejmě velká řada dalších konstrukcí kolektorů, jako jsou kolektory vzduchové, koncentrační, zásobníkové, s lapačem záření, s reflektory, vzducho-kapalinový, fasádní a jiné. Tyto typy nejsou předmětem DP. Podrobnější informace lze nalézt v literatuře [8].

4. ŘAZENÍ A PROPOJENÍ KOLEKTORŮ

Pro zachycení potřebné energie je nutno sestavit z jednotlivých kolektorů větší plochu, tzv. kolektorové pole. Jednotlivé kolektory se řadí buď sériově, nebo paralelně.

Dále mohou všechny kolektory ležet v jedné rovině, nebo v několika rovnoběžných rovinách za sebou. Je nutné řešit kromě umístění kolektorů také otázky tepelné a hydraulické.

Při sériovém řazení se sčítají přírůstky teploty Δt_{kol} u jednotlivých kolektorů, takže v sérii postupně stoupá teplota t . Se vzrůstající teplotou však současně klesá účinnost kolektorů.

Zvýšení teploty lze zmírnit tím, že se zvětší průtok vody $\dot{m}$.

Při sériovém řazení má každý kolektor stejný průtok kapaliny. Hydraulické odpory jednotlivých kolektorů se sčítají, takže celková ztráta celé potrubní větve je značně velká. Nedoporučuje se řadit do série více než 10 kolektorů.

Při paralelním řazení pracují všechny kolektory při stejné teplotě t , a proto i při stejné účinnosti η . Tepelný výpočet celého kolektorového pole je stejný jako u jednotlivých kolektorů. Postup je podrobně popsán v literatuře [11]. [5]

5. ČLENĚNÍ SOLÁRNÍCH SOUSTAV

Solární soustavy jsou využívány hlavně pro:

- ohřev vody v bazénu
- ohřev TUV
- ohřev TUV a vytápění

Rozlišovány jsou soustavy podle oběhu teplotnosného média na:

- soustavy se samotížným oběhem
- soustavy s oběhovým čerpadlem a řízením

Dle napojení dodatečného dohřívání se vyskytují:

- soustavy bez dohřívání (autonomní systémy)
- soustavy s dohříváním

Dle proudění v solárním okruhu je možné systémy dělit na:

- otevřený, tedy beztlaký systém
- uzavřený, tedy tlakový systém

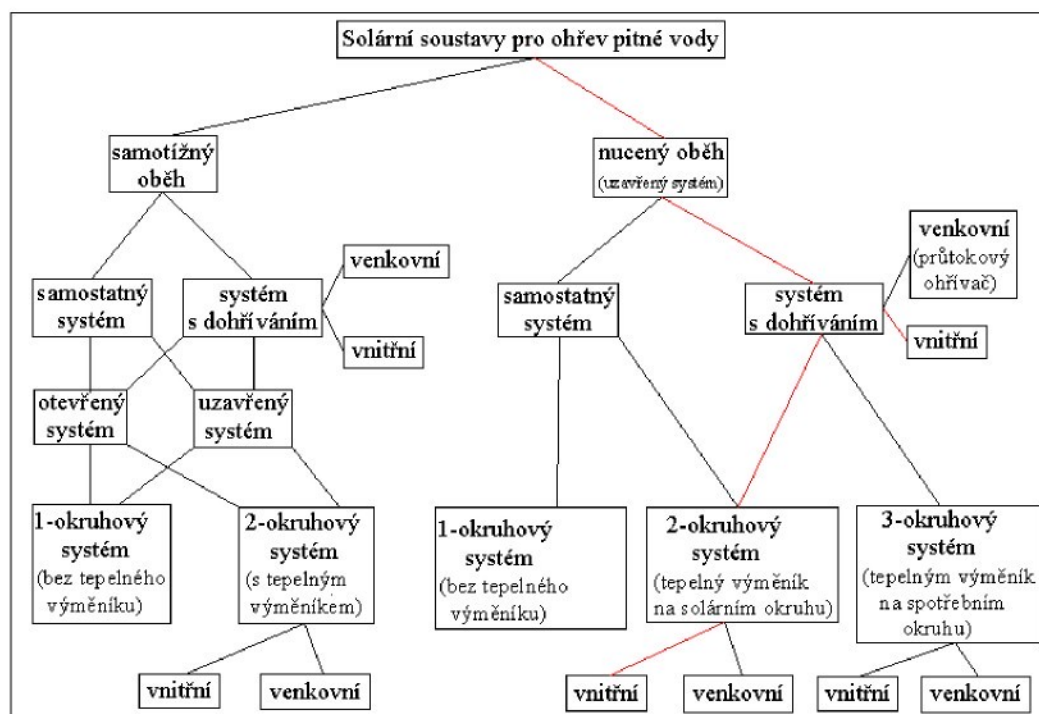
Přenos tepla jak ze solárního okruhu do zásobníku, nebo ze zásobníku do spotřebního okruhu, může být řešen:

- bez tepelného výměníku (jednookruhový systém)
- s jedním tepelným výměníkem (dvoukruhový systém)
- se dvěma tepelnými výměníky (tříkruhový systém) [8]

5.1. SOLÁRNÍ SOUSTAVY PRO OHŘEV TUV

Obr. 12 - Konfigurace soustav pro ohřev TUV

[8]



Červeně vyznačené jsou nejtypičtější způsoby zapojení

5.1.1. SAMOTÍŽNÉ SYSTÉMY

Jelikož má teplá voda menší specifickou hmotnost než voda studená, stoupá voda v kolektoru a v potrubním systému do výše položeného zásobníku, zatímco ochlazená z dolní části zásobníku proudí zpět do kolektoru. Samočinný oběh se dostává do chodu, když je voda v kolektoru teplejší než v zásobníku a je o to intenzivnější, oč je silnější sluneční záření. [8]

5.1.2. SYSTÉMY S NUCENÝM OBĚHEM

Podstatným znakem soustav s nuceným oběhem je čerpadlo ve spojení s řídicí jednotkou, které uvádí teplonosnou kapalinu do oběhu. [8]

5. 2. SOLÁRNÍ SOUSTAVY PRO OHŘEV TUV A VYTÁPĚNÍ

Jedná se o kombinované solární soustavy, které vedle ohřevu pitné vody slouží také k vytápění budov. U těchto soustav jsou použity nízkoteplotní vytápěcí systémy, jako podlahové nebo stěnové vytápění, které jsou pro provoz solární soustavy zvláště vhodné.

Na (obr. 13) je představen jen malý, ale reprezentativní výběr možných seskupení soustav dle popsaných variant, určených především pro podporu vytápění v rodinných domech, s objemem zásobníku mezi 500 a 2000 litry.

Varianta A - dva zásobníky a kotel s pevným výkonem

Solární okruh je opatřen třicestným ventilem, takže může nabíjet zásobník pitné vody i vyrovnávací zásobník pro vytápění. Lze využít tyto strategie ovládání:

- zásobník pitné vody je nabíjen přednostně (léto)
- nabíjen je vždy chladnější zásobník. (Tím je kolektor provozován vždy s nejlepší účinností), (zima+léto)
- Přednostně je nabíjen topný vyrovnávací zásobník. Lze i měnit v průběhu roku.

Není-li k dispozici dostatek solární energie, nabíjí kotel oba zásobníky.

Výhodou je, že příprava teplé vody a podpory vytápění jsou od sebe zcela odděleny.

Nevýhodou je nárůst tepelných ztrát v důsledku více zásobníkového obvodu.

Varianta B – zásobník typu nádrž v nádrži

V principu jde o systém dvou zásobníků, při němž je zásobník pitné vody pevně zabudován do topného vyrovnávacího zásobníku. Tepelný výměník solárního okruhu umožňuje nabíjení zásobníku ve vrstvách. Kotel nabíjí teplo přímo do zásobníku, odkud jsou vedeny i okruhy pro vytápění. Trojcestný ventil v okruhu kotle umožňuje spojení nakrátko, aby se zvedla teplota zpátečky ke kotli. Tím je kotel rychle přiveden na provozní teplotu a je tak zabráněno kondenzaci v kotli z důvodu příliš nízké teploty zpátečky.

Výhodou je opět oddělení topného okruhu od okruhu pro přípravu TUV.

Nevýhodou je v jistém rozsahu promíchávání obsahu zásobníku při odběru teplé vody. Jestliže se nádrž pitné vody v horní části zásobníku provede jako rozšířená, může být toto promíchání relativně malé.

Varianta C – odběr vody přes vnitřní tepelný výměník (průtokový ohřev TUV)

Trojcestným ventilem je opět v solárním okruhu řízeno nabíjení po vrstvách. Teplá voda je odebírána v horní části zásobníku prostřednictvím průtočného tepelného výměníku. Zásobníková voda ochlazená tímto postupem, klesá cíleně do dolní části zásobníku spádovou trubicí, tedy s minimálním vlivem na promíchávání vrstev.

Použitím vnitřního průtočného ohřevu teplé vody se zlepšuje hygiena TUV a objem zásobníku může být ve srovnání s variantou B menší.

Jestliže bude v solárním okruhu vnější tepelný výměník, tak se dosáhne lepšího přenosu tepla.

Nevýhodou je zhoršení stratifikace tepla v zásobníku průtočným ohřevem TUV.

Varianta D - odběr vody přes vnější tepelný výměník s použitím stratifikačního zásobníku

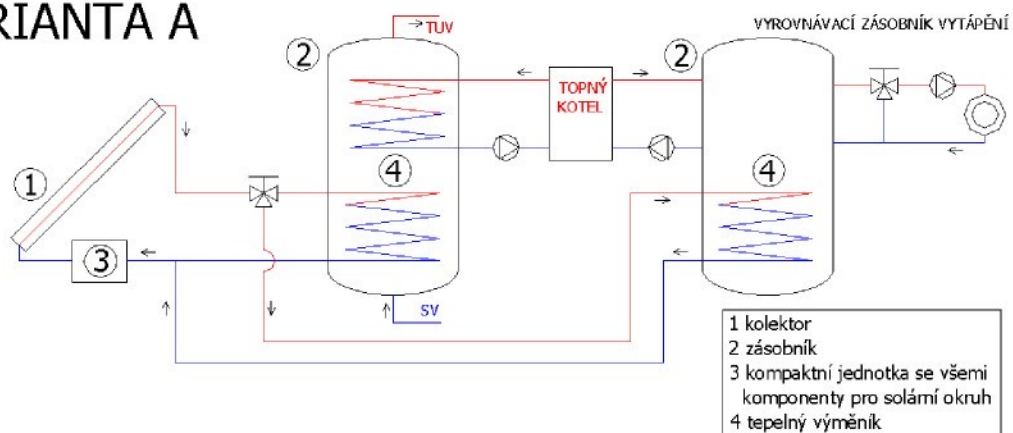
K nabíjení zásobníku na solární straně dochází přes vnitřní tepelný výměník a nabíjecí zařízení po vrstvách na samotížném principu.

Umožňuje nejlepší využití solárních zisků v porovnání s předchozími variantami. Je možné mít relativně větší zásobník, aniž bychom přišli o kvalitní sluneční energii – o maximální možné teploty. Pokud solární pole dodává vysokou teplotu po dobu kratší, než stačí k nabití celého akumulačního zásobníku na minimální požadovanou teplotu, tak u variant A, B a C dojde k promíchání topné vody a není k dispozici žádná potřebná teplota pro topení nebo TUV a proto dochází k dohřevu bivalentním zdrojem. Varianta D však k dispozici potřebnou teplotu má, i když ne v dostatečném množství.

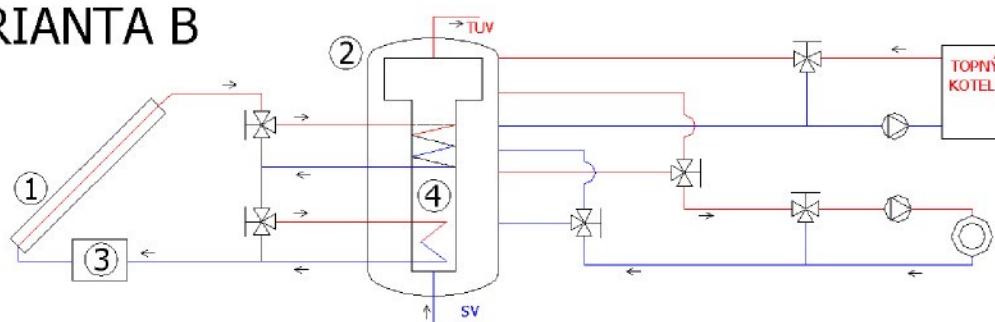
Hladiny vrstev a vybíjení jsou samoregulační a nevyžadují žádné elektronicky ovládané mechanické regulační prvky (ventily). Nevýhodou je především výměník tepla ve spotřebním okruhu, který musí být dimenzován pečlivě s rezervou výkonu, aby při přípravě teplé vody nedocházelo k nedostatkům. [8]

Obr. 13 - Hydraulické zapojení solárních soustav

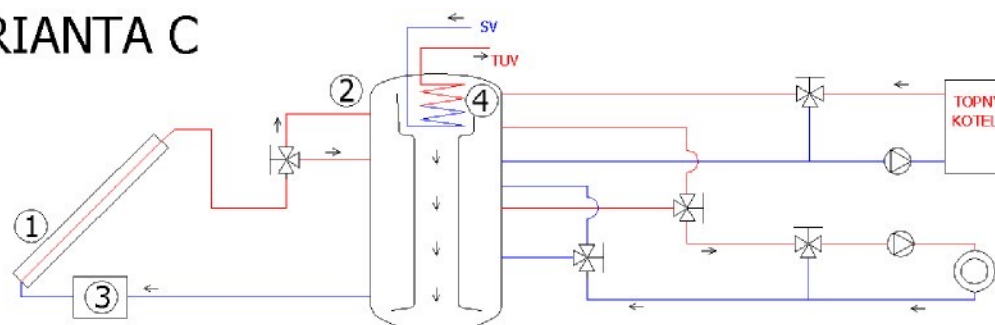
VARIANTA A



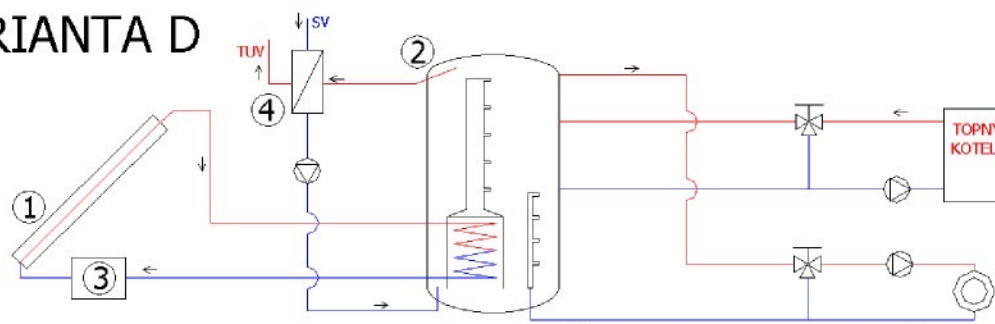
VARIANTA B



VARIANTA C



VARIANTA D



6. ZPŮSOBY PROVOZU SOLÁRNÍCH SOUSTAV

Se zřetelem na oběh teplotnosného média solární soustavou existují různé koncepce, které poukazují na podstatně rozdílné průtoky média na čtvereční metr plochy kolektoru. Jsou to:

- High-Flow (vysokoprůtokové, $30\text{--}70\text{ l m}^{-2}\text{hod}^{-1}$)
- Low-Flow (nizkoprůtokové)
- Matched-Flow (s přizpůsobivým průtokem, 10 a 30 až $40\text{ l m}^{-2}\text{hod}^{-1}$)
- Drain-Back (se systémem zpětného odvodnění)

Tab. 3 - Způsoby provozu High-Flow, Low-Flow a Matched-Flow

Výhody a nevýhody různých průtoků v solárním okruhu		
Koncept	výhody	nevýhody
High-Flow (klasický ne-bo standardní koncept) 30 až $70\text{ l m}^{-2}\text{h}$	+ kolektor je provozován s nejvyšší účinností + jednoduchá, řadu let ověřená systémová technika s konvenčními součástmi	- pomalý ohřev na žádanou úroveň teploty
Low-Flow 8 až $15\text{ l m}^{-2}\text{h}$	+ rychlejší ohřev poho- vostní části zásobníku na teplotu užitkové vody, tím menší potřeba dohřívání + vyšší solární zisk (účinnost) + použitím tenčích trubek menší tepelné ztráty z potrubí a úspora na ma- teriálu + potřebný jen menší výkon čerpadla + velký potenciál do budoucnosti	- výhody platí pouze když jsou všechny kompo- nenty systému navzájem sladěny: čerpadlo, prů- měry potrubí, výměník tepla, řízení a zásobník - není-li soustava opti- málně seřízena, může se vysokými teplotami kolektoru snížit jeho účinnost - relativně nová technika systému, málo výrobců

Matched-Flow 8 až 40 l/m ² h	+ sjednocuje výhody High-Flow a Low-Flow, ale není ještě dlouhodobě ověřené	- je těžké použít pro Low-Flow a High-Flow, proto nutný vždy kompromis - velmi mladá technika systému

[8]

6. 1. BEZPEČNOST SOUSTAV

V solárním okruhu může nastat případ, kdy se vlivem velmi vysokých teplot v kolektoru teplotně nosná kapalina vypaří. Extrémním případem je klidový stav solárního okruhu při vysokých hodnotách slunečního záření, který nastává buď závadou na čerpadle, nebo výpadkem elektrického proudu, nebo když je čerpadlo řídicí jednotkou vypnuto, protože zásobník dosáhl limitovanou hodnotu. V takových případech značně stoupá tlak v systému. Dle DIN 4757-1 je proto předepsán pojistný ventil, který se otevírá při překročení maximálně přípustného provozního tlaku. Tento je dán odolností vůči tlaku nejslabší části soustavy, nejčastěji kolektoru. Obvykle to bývá 2,5 resp. 3,5 baru.

Pojistný ventil má být instalován na chladné větvi solárního okruhu, aby se při nárůstu tlaku pro otevření vyloučila změna skupenství teplotně nosné kapaliny (výstup par).

Expanzní nádoba má být navržena tak, aby pojmulu nejen teplotní roztažnost teplotně nosné kapaliny, ale také objem celého kolektorového okruhu. Při běhu naprázdno tlačí páry teplotně nosnou kapalinu z kolektoru, aniž by se pojistný ventil otevřel. Při klesající teplotě je kapalina z membránové expanzní nádoby tlačena zase zpět do kolektoru.

Aby nedošlo v zásobníku k tvorbě páry, musí v něm být teplota omezena nastavenou maximální hodnotou, přičemž v žádném případě nemá přesahovat 95°C. vhodná opatření jsou podmíněna zpravidla řízením a regulací soustavy, popsané v literatuře [8]. Pro omezení tlaku je na přívod vody do zásobníku instalován pojistný ventil. Protože tlak v zásobníku má být vyšší než tlak v solárním okruhu, aby se vyloučilo znečištění vody v zásobníku přípravkem proti zamrznání, je třeba otevírací tlak na

přetlakovém ventilu zásobníku volit vyšší, než u pojistného ventilu na solárním okruhu. Obvykle to bývá 6 barů.

Pro ochranu odběratele vody před opařením, musí být buď omezena teplota v zásobníku na 60 °C, nebo musí být použit směšovací ventil. [6, 8]

7. TEORETICKÁ ČÁST

Pro experimentální měření a následné vyhodnocování naměřených dat byl vybrán rodinný domek v Liberci, Rudolfovo. Tepelná ztráta tohoto objektu je 4,250 kW. Objekt dle (obr. 14) je chráněn svahem z jihozápadní strany a stromy ze západní a severní strany. Stromy nestíní kolektory. Dům je nyní užíván k bydlení tříčlennou rodinou.

Budova obsahuje solární systém sestavený ze čtyř podtlakových kolektorů Heliostar 400 umístěnými na části sedlové střechy, která je orientovaná na jižní stranu. Kolektory jsou uloženy na střeše pomocí speciální konstrukce pod sklonem 45°.



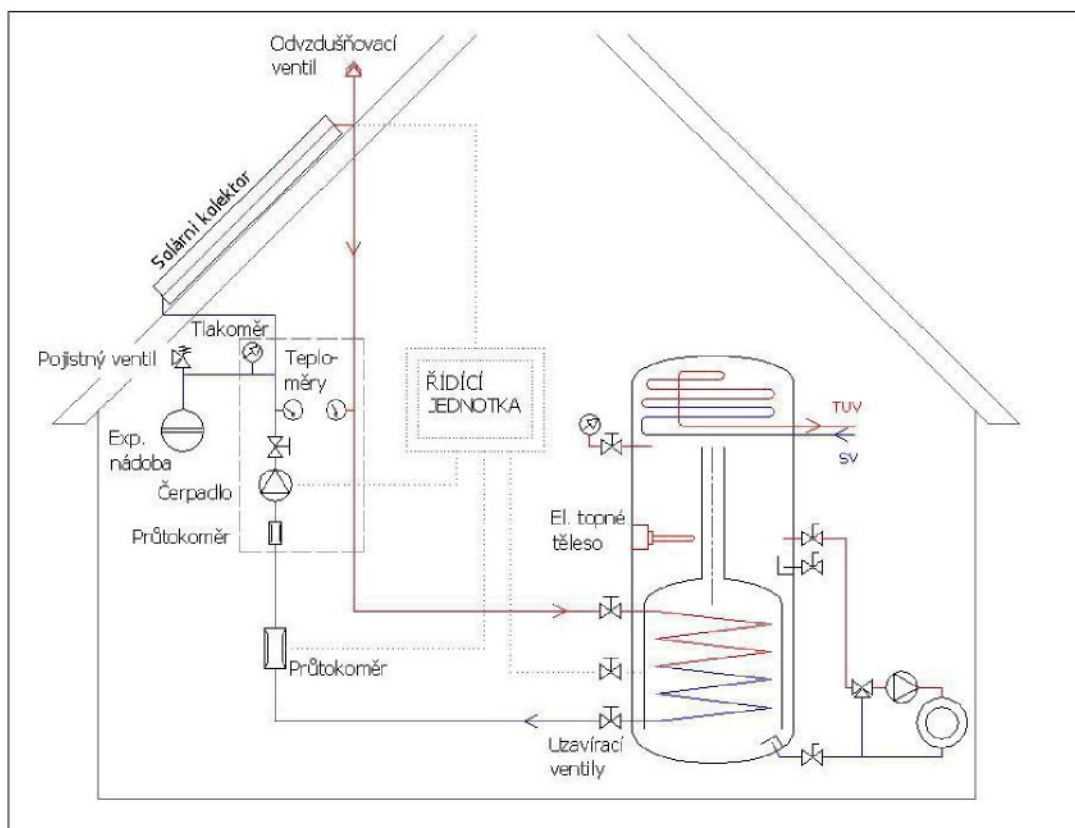
Obr. 14 - Objekt vybraný pro měření

Voda v solárním zásobníku je při nedostatku slunečního záření dohřívána topným tělesem, umístěným v solárním zásobníku.

Přírozně v horní části zásobníku dosahuje kapalina nejvyšších teplot a směrem dolů teplota klesá. Kapalina umístěná ve středu nádrže, kde se teplota pohybuje kolem 30 °C je využívána pro podlahové vytápění. V horní části zásobníku je výměník pro ohřev TUV.

Dům je dále vytápěn pomocí krbové vložky zabudované do kamenné akumulční zdi.

Obr. 15 - Solární systém umístěný v domě



Solární systém dle schématu na (obr.15) je jen dočasným stavem. Investor plánuje do budoucna rozšíření solárního systému. Kolektorové pole bude dle plánu zvětšeno na 8 až 12 kolektorů ze současných 4. Porovnání možných zisků ze 4, 8 a 12-ti kolektorů je zpracováno v kapitole (7.3).

V dalším textu je jako výchozí solární systém brán současný stav.

7.1. VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT OBJEKTU

Výpočet tepelných ztrát byl proveden dle normy ČSN 06 0210, která stanoví postup výpočtu tepelných ztrát budov prostupem stěnami a větráním (infiltrací) za kvazistacionárních podmínek při nepřerušovaném vytápění.

Celková tepelná ztráta $\dot{Q}_c$ ve (W) je dána vztahem

$$\dot{Q}_c = \dot{Q}_p + \dot{Q}_v - \dot{Q}_z \quad (7.1)$$

$\dot{Q}_p$ tepelná ztráta prostupem tepla (W)

$\dot{Q}_v$ tepelná ztráta větráním (W)

$\dot{Q}_z$ trvalý tepelný zisk (W)

Součinitel prostupu tepla rovinnou stěnou k ($\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$) složenou z více vrstev neproměnného průřezu se spočte dle

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (7.2)$$

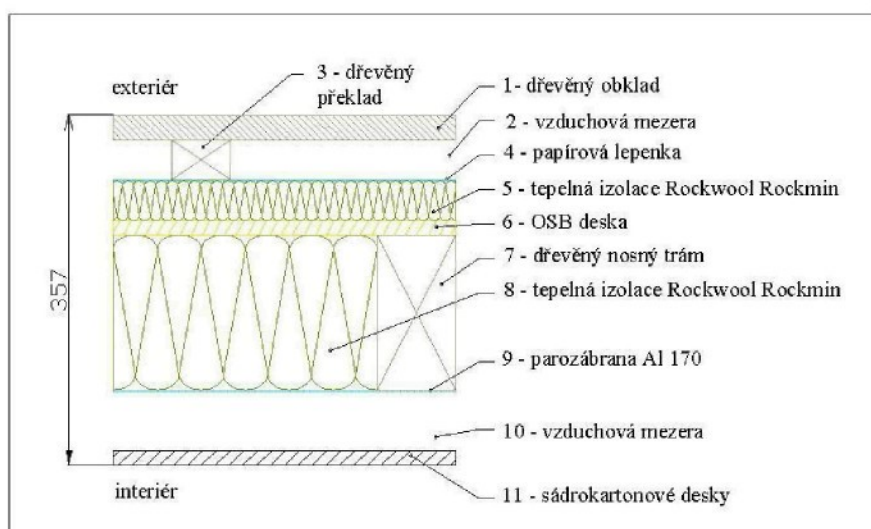
δ_i tloušťka i -té vrstvy (m)

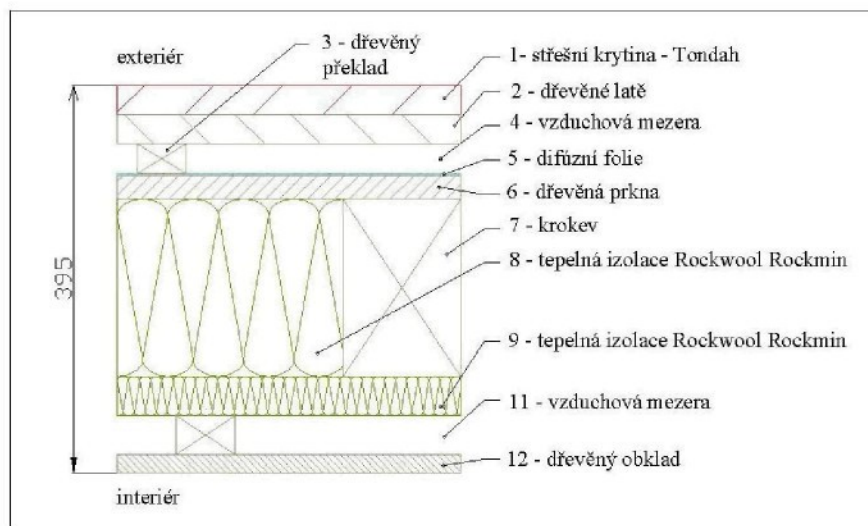
λ_i součinitel tepelné vodivosti i -té vrstvy ($\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$)

$\alpha_{1,2}$ součinitel přestupu tepla na vnitřní a venkovní straně stěny ($\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$)

n počet vrstev stěny (1)

Obr. 16 - Skladba stěny



Obr. 17 - Skladba střechy**Tab. 4** - Hodnoty šířek jednotlivých vrstev použitých materiálů a součinitelů tepelných vodivostí jednotlivých vrstev stěny

Použitý materiál	δ_i	λ_i
	(m)	(Wm ⁻¹ K ⁻¹)
dřevěný obklad	0,025	0,18
vzduchová mezera	0,04	0,0259
tepelná izolace	0,04	0,039
OSB deska	0,015	0,098
tepelná izolace	0,16	0,039
dřevěný nosný trám	0,16	0,18
vzduchová mezera	0,06	0,0259
sádkokarton. Deska	0,015	0,22

Celková tepelná ztráta $\mathcal{Q}_c$ domu vychází:

$$\mathcal{Q}_c = 4,250 \text{ kW}$$

[1, 2]

7. 2. VÝPOČET PLOCHY KOLEKTORŮ PRO OHŘEV TUV

Pro celoroční ohřev TUV v našich podmínkách je nutné doplnit sluneční systém ještě dalším zdrojem tepla. Plocha se předem zvolí, nebo jak je uvedeno níže se vypočte pro nejnepříznivější měsíc letního období (zpravidla duben nebo září).

Zde byla dána spotřeba energie $Q_{spotř}$ (J) za určité období. Denní spotřeba vody je 300 litrů, voda se ohřívá z teploty $t_1 = 10\text{ °C}$ na teplotu $t_2 = 50\text{ °C}$.

$$Q_{spotř} = c_p \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta t \quad (7.3)$$

$$Q_{spotř} = 4200 \cdot 995,6 \cdot 0,3 \cdot (50 - 10) = 50178240\text{ J} = 13,93\text{ kWh}$$

c_p měrná tepelná kapacita vody ($\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$)

ρ hustota vody (kgm^{-3}) při střední teplotě $t = 0,5 \cdot (t_1 + t_2) = 30\text{ °C}$

V denní spotřeba vody (m^3)

Dále se stanovila teoreticky možná energie dopadající na kolektory za slunečný den

$Q_{den\ teor}$ v (kWhm^{-2}) a pro poměrnou dobu slunečního svitu

$$\bar{\tau} = \frac{\tau_{skut}}{\tau_{teor}} \quad (7.4)$$

se určila energie dopadající za den s průměrnou oblačností dle rovnice

$$Q_{den\ skut} = \bar{\tau} \cdot Q_{den\ teor} \quad (7.5)$$

Kde $Q_{den\ skut}$ v (kWhm^{-2}) je skutečně energie snižená o samotné difúzní záření při zatažené obloze. Difúzní záření, jehož intenzita nepřesahuje 150 Wm^{-2} je zachycováno jen v součtu se zářením přímým při jasné obloze. Je to z důvodu tepelných ztrát, kdy se teplotní látky zahřívá většinou na teplotu značně vyšší, než je teplota okolního vzduchu.

Kolektory proto nejsou schopny zachycovat záření s příliš malou intenzitou.

Dle vzorce (2.8) byla dále vypočtena účinnost kolektorů η .

Následně bylo vypočteno úhrnné množství energie zachycené kolektorovou plochou za den s průměrnou oblačností Q_{kol} (kWhm⁻²)

$$Q_{kol} = \eta \cdot Q_{den\ skut} \quad (7.6)$$

Nakonec je vypočítána plocha kolektorů S_A (m²)

$$S_{kol} = \frac{(1+p) \cdot Q_{spotř}}{Q_{kol}} \quad (7.7)$$

Kde p je přírážka na ztráty vlivem tepelných ztrát zásobníku a potrubního rozvodu. Předpokládají se 10 % z celkové spotřeby tepla.

Nejnepříznivější sluneční podmínky vycházejí a proto největší potřebná kolektorová plocha vychází pro duben, viz. (tab. 5).

Tab. 5 - Porovnané velikosti kolektorových ploch za duben a září vypočtené ze skutečné dopadající energie

měsíc	S_A (m ²)
duben	10,19
září	9,23

Takto navržené zařízení určené podle skutečné energie dopadající v nejnepříznivějším měsíci letního období (duben) by bylo investičně drahé. Proto se v praxi navrhuje zařízení s plochou kolektorů určenou dle teoreticky možné energie dopadající za slunečný den

Tab. 6 - Porovnané velikosti kolektorových ploch za duben a září vypočtené z teoreticky možné dopadající energie

měsíc	$S_A \text{ (m}^2\text{)}$
duben	3,97
září	4,43

Zde vyšly méně příznivé podmínky v září. Takto navržené zařízení je levnější, ovšem je zde větší potřeba dohřívát užitkovou vodu jiným zdrojem tepla. Plocha kolektorů umístěných na střeše objektu je v současné době $7,04 \text{ m}^2$, což je stav mezi těmito hodnotami. [5]

7.3. VÝPOČET SPOTŘEBY TEPLA NA VYTÁPĚNÍ DENOSTUPŇOVOU METODOU, POROVNÁNÍ

Při vytápění se obvykle zjišťuje roční spotřeba tepla, tj. spotřeba za otopné období.

Teoretická spotřeba Q_d v (J) při nepřerušovaném vytápění se počítá ze vztahu

$$Q_d = \varepsilon \cdot \mathcal{Q} \cdot \frac{d \cdot (t_i - t_{es})}{t_i - t_{ev}} \quad (7.8)$$

$\mathcal{Q}$ maximální tepelná ztráta ve (W)

d délka otopného období (s)

t_i požadovaná vnitřní teplota ($^{\circ}\text{C}$)

t_{ev} nejnižší (výpočtová) venkovní teplota ($^{\circ}\text{C}$)

t_{es} střední venkovní teplota v otopném období ($^{\circ}\text{C}$)

ε opravný součinitel

Opravným součinitelem ε se vyjadřuje vliv nesoučasnosti přírážek pro výpočet tepelné ztráty $\mathcal{Q}$ na zmenšení skutečného otopného příkonu. Přibližně platí vztah

$$\varepsilon = \frac{\mathcal{Q}_0}{\mathcal{Q}} \quad (7.9)$$

$\mathcal{Q}_0$ základní tepelná ztráta prostupem tepla stěnami

$$D = d \cdot (t_i - t_{es}) \quad (7.10)$$

D počet denostupňů

Tab. 7 - Podklady pro výpočet spotřeby tepla Denostupňovou metodou

Otopné období pro $t_{em} = 13\text{ °C}$				
	výška n.m.	t_{ev}	t_e	d
	(m)	(°C)	(°C)	(počet dnů)
Liberec	357,00	-18,00	3,60	256,00

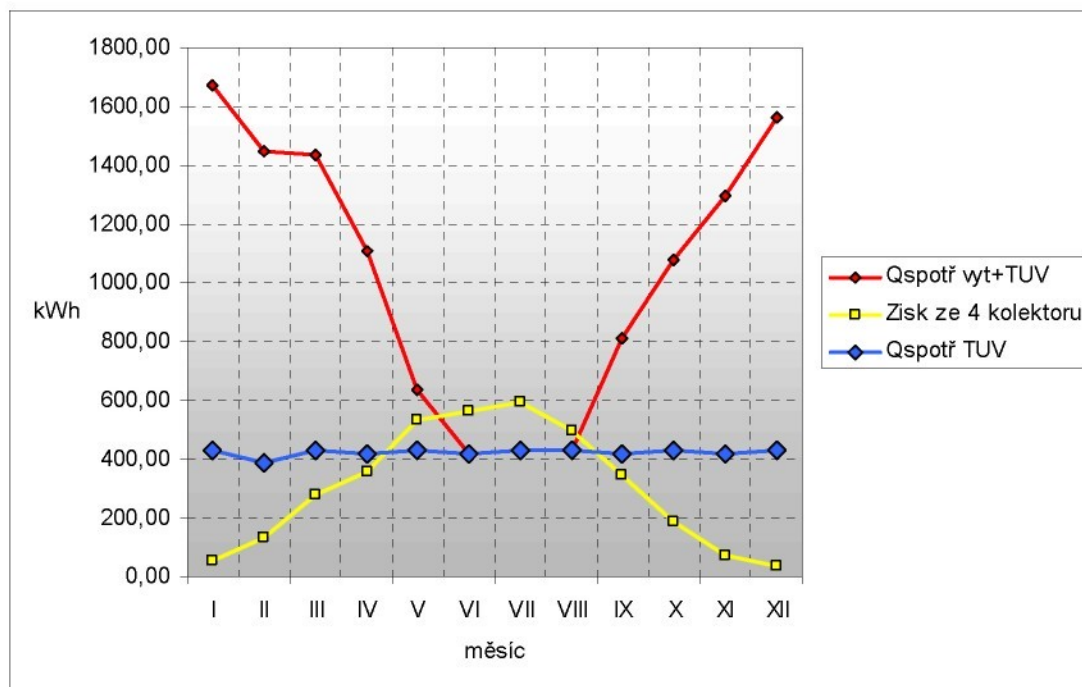
[3, 4]

Z meteorologické stanice Liberec byla získána data středních teplot ve °C za období 1991 až 2000 v jednotlivých měsících, která byla použita pro výpočet spotřeby tepla pro vytápění. Meteorologická stanice Liberec nemá práva taková data poskytovat, proto bylo nutné řešit tento problém s pobočkou ČHMÚ v Ústí nad Labem. Na základě smlouvy nelze tato data zveřejnit třetím osobám, proto byla data použita pouze pro výpočet a nejsou uvedena v příloze.

Výsledná potřeba tepla na vytápění a na ohřev TUV za rok je v (tab. 8)

Tab. 8 - Spotřeba tepla pro vytápění a ohřev TUV

	$Q_{spotř\text{ měs vyt}}$ (kWh)	$Q_{spotř\text{ měs TUV}}$ (kWh)	$Q_{spotř\text{ vyt+TUV}}$ (kWh)
leden	1238,59	432,09	1670,68
únor	1060,36	390,28	1450,64
březen	1007,03	432,09	1439,12
duben	693,13	418,15	1111,28
květen	206,72	432,09	638,81
červen	0,00	418,15	418,15
červenec	0,00	432,09	432,09
srpen	0,00	432,09	432,09
září	396,07	418,15	814,22
říjen	646,22	432,09	1078,31
listopad	880,74	418,15	1298,89
prosinec	1130,89	432,09	1562,98
Σ	7259,76	5087,52	12347,27

Graf 1 - Spotřeba tepla a solární zisky v průběhu roku

Na (graf 1) je porovnání celkové spotřebované energie s energií zachycenou kolektory. Jelikož plán investora je rozšířit kolektorovou plochu ze současných 4 na 8 až 12 kolektorů, je níže provedeno porovnání všech případů.

Tab. 9 - Spotřebovaná a zachycená energie

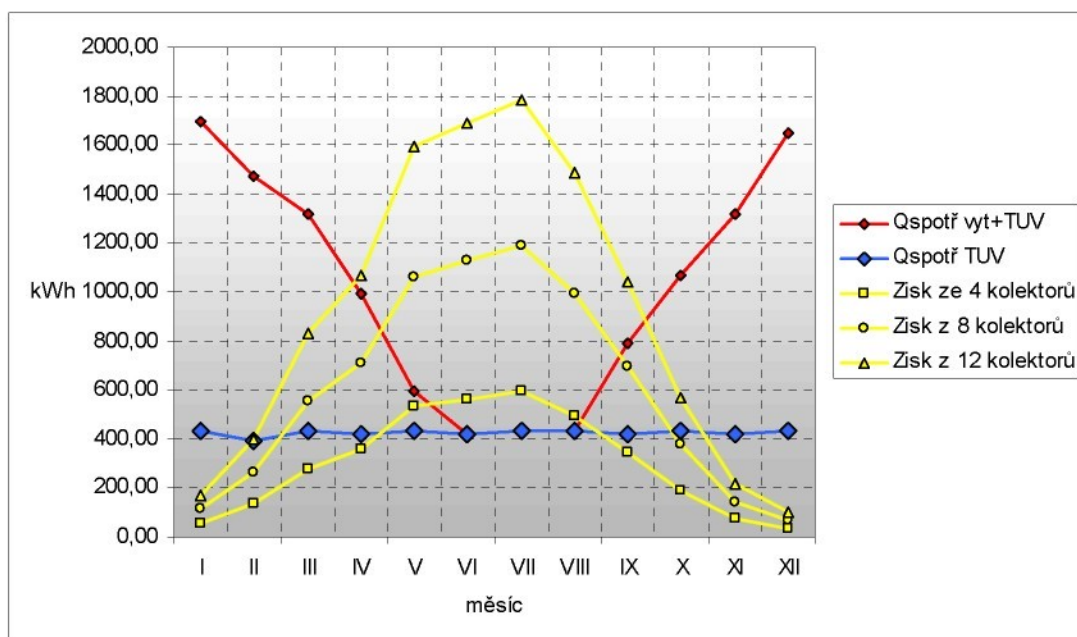
	Q _{spotř vyt+TUV} (kWh)	S _A * Q _{kol} měs 4 kolektory (kWh)	S _A * Q _{kol} měs 8 kolektorů (kWh)	S _A * Q _{kol} měs 12 kolektorů (kWh)
leden	1697,61	56,75	113,50	170,24
únor	1474,96	133,18	266,36	399,54
březen	1320,65	276,51	553,02	829,54
duben	991,41	355,02	710,03	1065,05
květen	592,60	531,48	1062,96	1594,44
červen	418,15	562,58	1125,16	1687,74
červenec	432,09	595,46	1190,92	1786,38
srpen	432,09	495,66	991,31	1486,97
září	788,17	347,15	694,29	1041,44
říjen	1067,54	189,02	378,04	567,05
listopad	1319,74	71,55	143,09	214,64
prosinec	1649,14	33,94	67,88	101,83
Σ	12184,15	3648,29	7296,57	10944,86

Jelikož jde o bivalentní systém, je zapotřebí hradit část spotřebované energie z jiného zdroje.viz. (tab. 10)

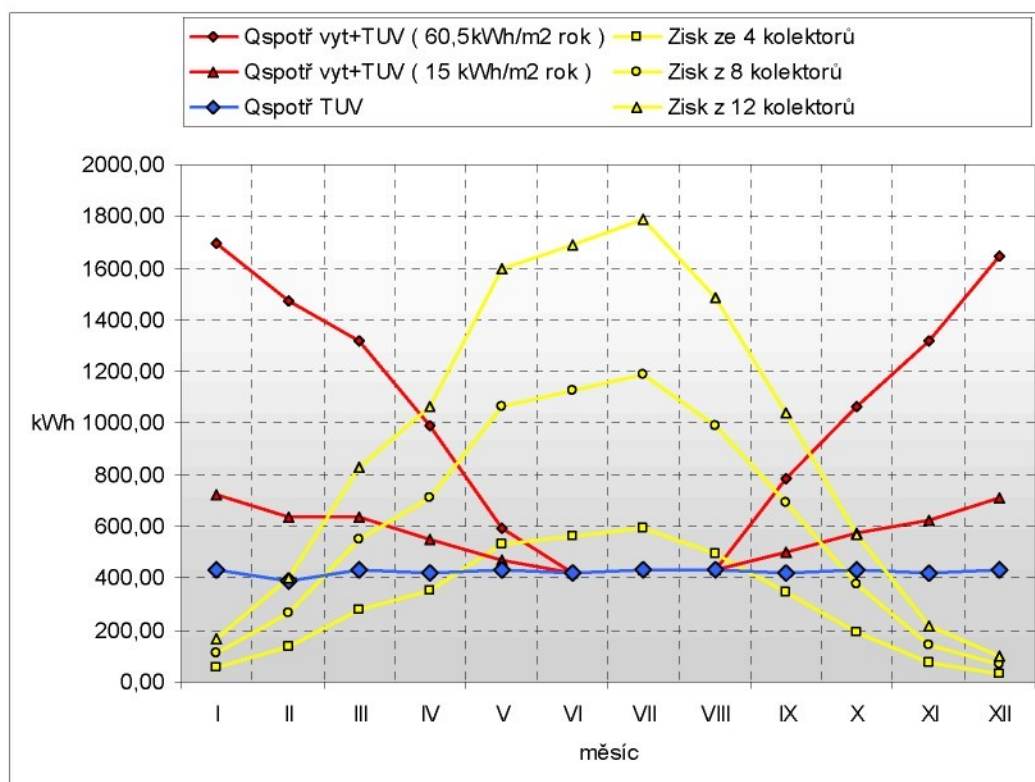
Tab. 10 - energie, kterou je zapotřebí krýt jiným zdrojem

	$Q_{\text{jiný zdroj}}$ (kWh)
4 kolektory	8535,87
8 kolektorů	4887,58
12 kolektorů	1239,29

Zde je potřeba uvést, že nelze využít veškeré sluneční záření dopadající během letního období. Nastávají tedy přebytky, které je potřeba odečíst. Právě zde se nejvíce projeví způsoby provozování soustav.

Graf 2 - Spotřeba tepla a solární zisky ze 4, 8 a 12-ti kolektorů v průběhu roku

Dále je provedeno srovnání spotřeby tepla s různým množstvím zachycené energie dle velikosti kolektorové plochy. Porovnání je provedeno mezi zvoleným domem, u kterého vychází spotřeba tepla $60,5 \text{ kWhm}^{-2}\text{rok}^{-1}$ a nízkoenergetickým domem, kde je spotřeba $15 \text{ kWhm}^{-2}\text{rok}^{-1}$. Viz. (graf 3).

Graf 3 - Srovnání spotřeby tepla dvou odlišně energeticky úsporných domů

V tab. 11 je znázorněno, jaké jsou rozdíly v potřebách na vytápění u různých, energeticky náročných staveb. [7]

Tab. 11 - Klasifikace budovy podle její roční potřeby tepla na vytápění

kategorie	Potřeba energie na vytápění ($\text{kWhm}^{-2}\text{r}^{-1}$)
quazi-nulové domy	0 až 5
Nízkoenergetické domy	5 až 50
Energeticky úsporné domy	50 až 70
Běžná výstavba	70 až 180

8. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Pro experimentální měření na zvoleném objektu bylo třeba provést několik laboratorních měření pro ověření hodnot výrobců použitých přístrojů.

Použité zařízení:

- {1} měřicí ústředna AHLBORN THERM 3280-8M
- {2} multifunction counter model 8010A
- {3} zdroj napětí TSZ 75
- {4} řídicí systém HANAZEDER ELECTRONICS řady SH-8
- {5} průtokoměr S-IMP-02
- {6} rotametr
- {7} autotransformátor
- {8} pyranometr
- {9} termočlánky NiCr-Ni
- {10} odporová teplotní čidla KTY

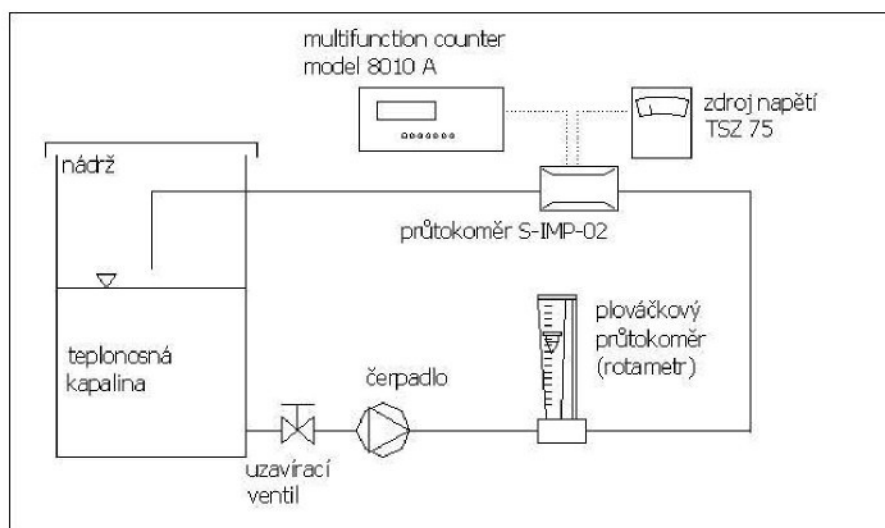
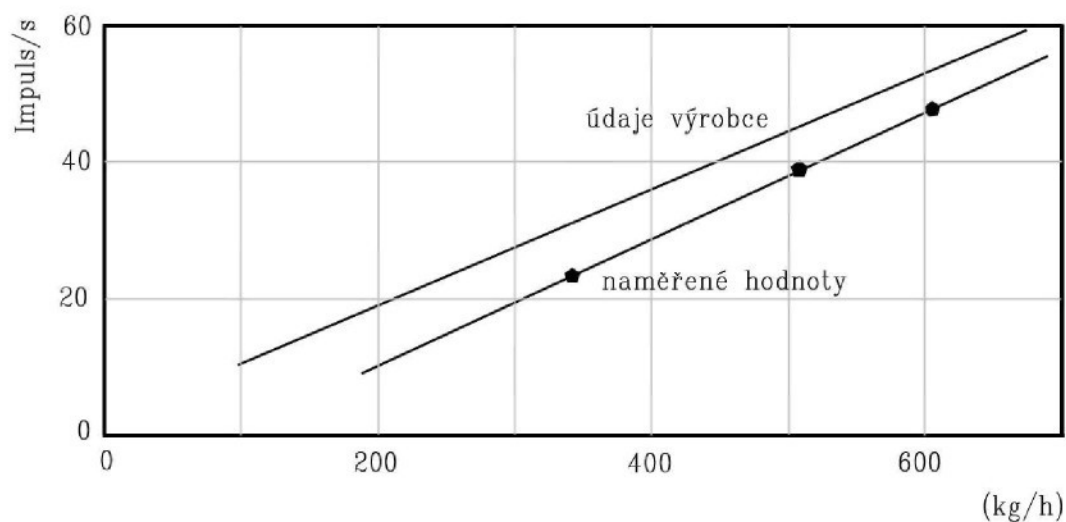
Další pomocná zařízení jsou případně popsána v jednotlivých měřeních.

8. 1. KALIBRACE PRŮTOKOMĚRU S-IMP-02

Kalibrace byla provedena pomocí plováčkového průtokoměru (rotametr) zapojeného do série dle (obr.18). Použitý plováčkový průtokoměr je konstruován pro vodu o teplotě 15 °C, proto bylo nutné přepočíst hodnotu skutečného průtoku v (l/hod) pro teplotnosnou kapalinu KOLEKTON-P podle následujícího vzorce

$$Q = Q_{rot} \cdot \sqrt{\frac{(\rho_p - \rho_2) \cdot \rho_1}{(\rho_p - \rho_1) \cdot \rho_2}} \quad (8.1)$$

Q	skutečná hodnota průtoku	$(m^3 s^{-1})$
Q_{rot}	naměřená hodnota průtoku na rotametri	$(m^3 s^{-1})$
ρ_p	hustota plováku	$(kg m^{-3})$
ρ_1	hustota vody, 15°C	$(kg m^{-3})$
ρ_2	hustota měřené tekutiny	$(kg m^{-3})$

Obr. 18 - Měřicí trať určená pro kalibraci průtokoměru S-IMP**Graf 4** - Závislost impulsů/s na průtočném množství v kg/h

Naměřené hodnoty se liší od údajů uvedených výrobcem, viz. (graf 4). Je to způsobeno teplonosnou kapalinou, která měla pro měření jinou hustotu způsobenou odlišným naředěním.

8.2. STANOVENÍ KALIBRAČNÍHO FAKTORU PRO ŘÍDÍCÍ SYSTÉM

Cílem tohoto měření bylo zjištění faktoru pro řídicí systém HANAZEDER ELECTRONICS řady SH-8, pro ověření správnosti zobrazovaného tepelného výkonu na displeji přístroje.

V řídicí jednotce SH-8 se hodnota měrné tepelné kapacity c_p ze vztahu (8.2) nastavuje pomocí kalibračního faktoru. Tuto hodnotu je možno po setinách měnit v intervalu 0,70 až 1,10. Řídicí jednotka není schopná zobrazovat okamžitý průtok kapaliny.

Jelikož změna faktoru výsledný tepelný výkon na řídicí jednotce SH-8 velmi ovlivňovala, bylo cílem zjistit, jaký faktor nastavit při různých průtocích nastavených na čerpadle. Tabulka č. 12 znázorňuje nastavení faktoru dle jednotlivých stupňů na čerpadle.

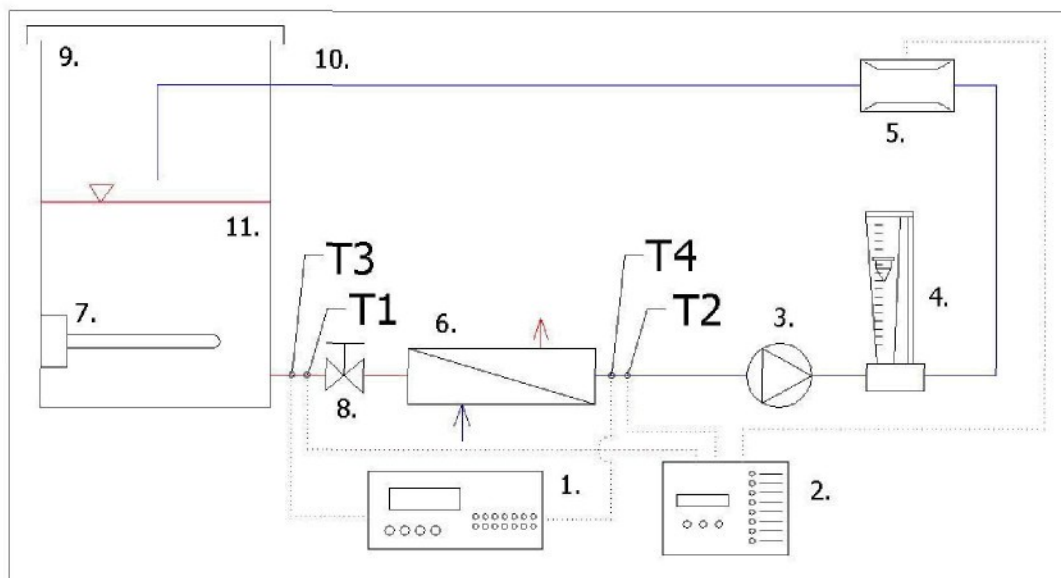
Vztah pro tepelný výkon $\dot{Q}$ ve (W):

$$\dot{Q} = \dot{m} c_p \cdot \Delta t \quad (8.2)$$

$\dot{m}$	hmotnostní průtok	(kg s^{-1})
c_p	měrná tepelná kapacita	($\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$)
Δt	rozdíl teplot	($^{\circ}\text{C}$)

Obr. 19 - měřicí trať



Obr. 20 - Schéma měřicí trati

kde :

1. měřící ústředna AHLBORN THERM 3280-8M
2. řídicí systém HANAZEDER ELECTRONICS řady SH-8
3. čerpadlo - Wilo-Star-ST20/6
4. plovákový průtokoměr – rotametr
5. průtokoměr S-IMP-02
6. tepelný výměník chlazený vzduchem
7. topné těleso
8. uzavírací ventil
9. nádrž
10. teplo odolné hadice do 100°C
11. teplonosná kapalina

Údaje o teplonosné kapalině jsou uvedeny v příloze (č. 3).

Pro měření teplot byly použity termočlánky NiCr-Ni a čidla odporových teploměrů KTY.

Postup měření:

Nejprve byly měřeny teploty T_3 a T_4 pomocí termočlánků NiCr-Ni a průtočné množství procházející průtokoměrem. Z údajů výrobce teplonosné kapaliny byla stanovena měrná tepelná kapacita pro danou teplotu. Bylo dosaženo rozdílu teplot

$\Delta T = T_3 - T_4 = 5 \text{ K}$, kde T_3 je teplota ohřáté kapaliny za nádrží a T_4 je teplota ochlazené kapaliny za tepelným výměníkem. Rozdíl teplot 5 K odpovídá pravděpodobnému rozdílu teplot na reálné solární soustavě mezi teplou a studenou větví primárního okruhu. Posléze byl vypočten tepelný výkon dle vzorce (8.2).

Stejného tepelného výkonu jsem se poté snažil docílit na regulátoru SH-8, do kterého jsem zapojil teplotní čidla KTY T_1 , T_2 a dále výstup z průtokoměru. Dosažení stejného rozdílu teplot jsem reguloval množstvím tepelné energie dodávané přes topnou spirálu pomocí autotransformátoru a dále množstvím chladicího vzduchu jdoucího přes výměník.

Po dosažení rozdílu teplot 5 K, jako v prvním případě byla nastavena hodnota faktoru tak, až se výsledný tepelný výkon shodoval s tepelným výkonem naměřeným bez řídicí jednotky SH-8.

Tab. 12 - Nastavení faktoru pro jednotlivé stupně čerpadla

	Stupeň čerpadla		
Stupeň čerpadla	1.	2.	3.
faktor	0,91	0,87	0,82

8. 3. MĚŘENÍ SLUNEČNÍHO SVITU

V této části diplomové práce byla měřena intenzita slunečního svitu (Wm^{-2}) za přechodové období od 26. února do 12. dubna v oblasti Liberec - Rudolfov.

Intenzita slunečního svitu byla měřena pomocí pyranometru. Vedoucím světovým výrobcem pyranometrů je Holandská firma Kipp and Zonen BV, jejíž přístroje dosahují špičkových parametrů. V tuzemsku vyrábí pyranometry firma tm J. Tlustáček, v cenově dostupnějších relacích (cca 9000,- Kč), avšak s horšími parametry. Porovnání pyranometrů je v literatuře [13].

Pro měření byl zvolen pyranometr RS81-I od tuzemského výrobce.

Měření je založeno na principu teplotní difference vzniklé slunečním zářením na černé a bílé ploše. Na připevněných termočláncích vzniká napětí, které je po zesílení přímo závislé na intenzitě slunečního záření.

Přepočet naměřených hodnot byl proveden dle hodnot získaných od firmy ENVItech Bohemia s.r.o.

Samostatná kalibrace pyranometru dle jiného, přesnějšího pyranometru nebyla možná, jelikož takový pyranometr nebyl k dispozici.

Technické parametry pyranometru:

Měřicí rozsah	0 až 1200 (Wm^{-2})
Napájecí napětí	15 až 24 (V)
Časová konstanta	50 (s) pro 95 %
Výstupní proud	4 až 20 (mA)
Rozsah pracovních teplot	-30 až +60 ($^{\circ}\text{C}$)

Závislost mezi intenzitou slunečního záření I a výstupním napětím U lze pro linearizovaný výstup vyjádřit ve tvaru

$$I = k \cdot U + C$$

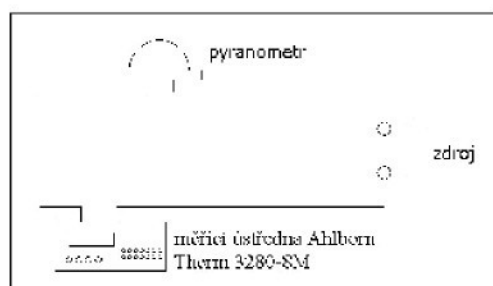
kde k je převodní poměr a C tzv. offset (posunutí nuly).

Posunutí nuly se stanovuje z hodnot naměřených v nočních hodinách, kdy je intenzita záření nulová. Výsledný posun se stanovuje jako aritmetický průměr za celou dobu měření. Následuje korekce převodního poměru pyranometrů. Vzhledem k rozdílným dynamickým vlastnostem obou typů pyranometrů (kalibrovacího a kalibrovaného) je třeba nalést časový úsek s relativně stálou intenzitou slunečního záření. Podrobnější popis kalibrace je uveden v literatuře [13].

Měřicím přístrojem {1}-(ALMEMO THERM 3280-8M) byl zaznamenáván výstupní proud v (mA), kde:

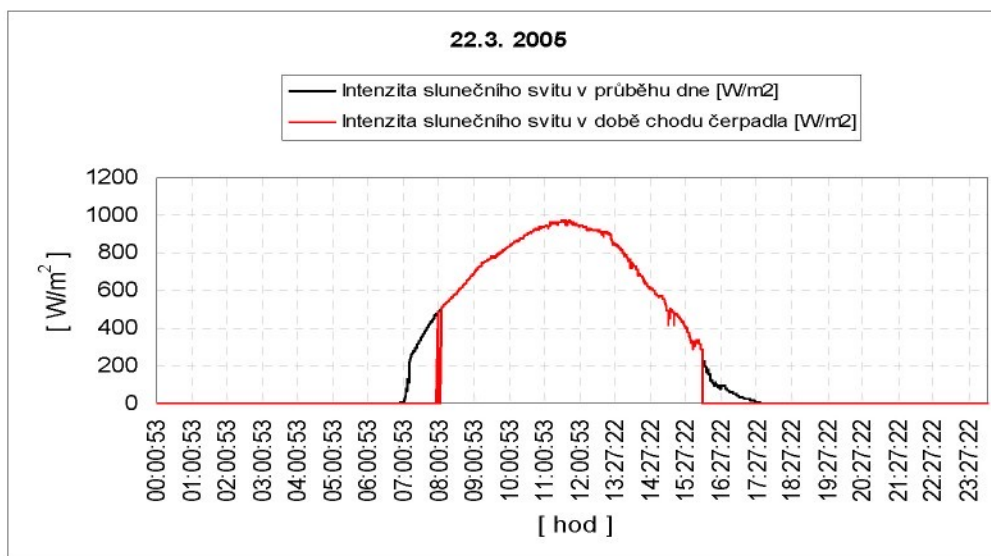
4 (mA) odpovídaly 0 (Wm^{-2})

20 (mA) odpovídaly 1200 (Wm^{-2})

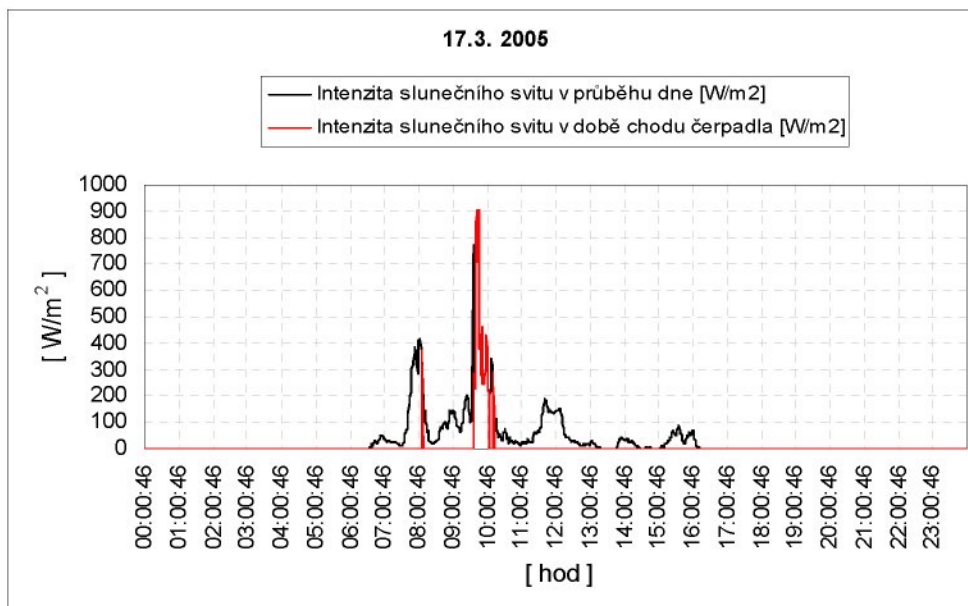
Obr. 21 - Schéma zapojení pyranometru

Přístroj {1} umožňuje současné nastavení až deseti kanálů a jejich zaznamenávání do paměti. (Spolu s intenzitou slunečního záření byly také zaznamenávány údaje o teplotách a chodu čerpadla solárního okruhu, viz. (kapitola 9.2.)).

Poté byly soubory ve formátu ASCII exportovány do formátu XLS pro další možné zpracovávání v programu Excel. Hodnoty byly měřeny v intervalu 1 minuta.

Graf 5 - průběh intenzity slunečního záření ze dne, kdy byly příhodné sluneční podmínky

Graf 6 - průběh intenzity slunečního záření ze dne, kdy byly špatné sluneční podmínky



V příloze (č. 4) jsou měsíční úhrny slunečního svitu v (hod) za období od 1.1 do 31.12.2004 ze stanice v Liberci.

Dále byla získána data denních energetických úhrnů globálního záření v (kJm^{-2}), přepočítaných na (kWhm^{-2}) a sklon kolektorů 45° orientovaných na jih ze Solární a ozónové observatoře se sídlem v Hradci Králové za období března. Jelikož se Intenzita slunečního svitu v meteorologické stanici v Liberci neměří, byla naměřená data získána z meteorologických stanic v Hradci Králové a v Ústí nad Labem.

Tato data jsou porovnána v (tab. 13) s energetickými úhrny globálního záření naměřenými v DP pro Liberec.

Tab. 13 - Porovnané denní energetické úhrny za měsíc březen

$Q_{\text{den skut}}$			
den	kWhm^{-2}	kWhm^{-2}	kWhm^{-2}
	Liberec	Ústí n. Labem	Hradec Králové
1.3.2005	2,193238	3,934963504	3,988892944
2.3.2005	6,048246	4,769549878	5,260571776

3.3.2005	5,653613	4,598710462	4,983381995
4.3.2005	3,42902	4,376581509	3,460912409
5.3.2005	1,234243	3,406982968	4,60663017
6.3.2005	0,663715	3,534075426	3,253114355
7.3.2005	0,478325	2,762469586	2,593892944
8.3.2005	0,248311	2,03310219	1,344087591
9.3.2005	0,503518	2,503759124	2,938965937
10.3.2005	2,426551	6,007287105	5,514379562
11.3.2005	0,2714	1,729513382	2,318965937
12.3.2005	0,572565	3,13959854	3,451484185
13.3.2005	0,58316	2,984221411	3,139975669
14.3.2005	0,58316	2,986861314	4,934355231
15.3.2005	2,672103	4,877408759	4,890985401
16.3.2005	1,814533	4,527055961	3,724525547
17.3.2005	0,806135	2,273333333	3,671727494
18.3.2005	0,420041	3,390389294	2,771520681
19.3.2005	4,882864	4,714111922	4,656411192
20.3.2005	6,244335	6,669148418	6,74419708
21.3.2005	6,19525	6,382153285	6,515279805
22.3.2005	5,965405	6,468515815	6,555632603
23.3.2005	2,179385	2,316703163	2,770766423
24.3.2005	6,623005	4,513856448	5,173454988
25.3.2005	5,969033	5,052019465	5,207019465
26.3.2005	2,734035	1,471934307	1,976909976
27.3.2005	6,28778	2,018394161	4,187639903
28.3.2005	5,100541	4,109574209	5,550583942
29.3.2005	5,440073	4,439939173	5,321666667
30.3.2005	6,677163	5,998990268	7,05796837
31.3.2005	3,67015	7,456970803	7,449428224
suma	98,570896	125,4481752	136,0153285
průměr	3,179706323	4,046715328	4,387591241

Z (tab. 13) je patrné, že za březen nejvíce slunečního záření dopadlo v Hradci Králové a nejméně v Liberci.

Jednotlivé rozdíly jsou dány lokální oblačností, která ovlivňuje dobu slunečního svitu. Dopadající energie se jinak pro 50° severní šířky, čemuž odpovídá přibližně celá střední Evropa téměř nemění.

Dle literatury [5] je maximální teoretická hodnota pro dopadající energii za celý měsíc březen a stejné podmínky rovna hodnotě $Q_{\text{den teor}} = 6,7 \text{ kWhm}^{-2}$, čehož nebylo dosaženo.

Globální záření pro Hradec Králové pro březen za období 1984 až 2001 vycházející z literatury [8] je $Q_{\text{den skut}} = 90 \text{ kWhm}^{-2}$, což odpovídá průměrné denní hodnotě 2,9

kWhm^{-2} . Porovnáním s hodnotou $Q_{\text{den skut}} = 4,38 \text{ kWhm}^{-2}$ naměřenou meteorologickou stanicí v Hradci Králové tento rok je patrné, že tento rok byl z hlediska dopadnutého záření oproti letům 1984 až 2001 nadprůměrný. (pro oblast Hradec Králové).

Tab. 14 - Střední intenzity, doby svitu a úhrny dopadající energie v jednotlivých dnech za dobu měření (měsíce únor, březen a duben)

únor				
den	$\bar{I}_{\text{stř}}$	svit	$Q_{\text{den skut}}$	$Q_{\text{den skut}}$
	$[\text{Wm}^{-2}]$			
26.2.	14,709	1,583	0,023	0,164
27.2.	522,762	9,467	4,949	34,841
28.2.	259,913	8,65	2,248	15,828
suma:				50,832

březen				
den	$\bar{I}_{\text{stř}}$	svit	$Q_{\text{den skut}}$	$Q_{\text{den skut}}$
	$[\text{Wm}^{-2}]$			
1.3.	261,619	8,383	2,193	15,440
2.3.	635,543	9,517	6,048	42,581
3.3.	566,305	9,983	5,654	39,800
4.3.	401,838	8,533	3,429	24,139
5.3.	127,023	9,717	1,234	8,689
6.3.	88,299	7,517	0,664	4,673
7.3.	65,674	7,283	0,478	3,367
8.3.	38,399	6,467	0,248	1,748
9.3.	53,471	9,417	0,504	3,545
10.3.	260,919	9,3	2,427	17,083
11.3.	44,371	6,117	0,271	1,911
12.3.	66,967	8,55	0,573	4,031
13.3.	66,143	8,817	0,583	4,106
14.3.	94,931	8,817	0,583	5,893
15.3.	256,112	10,433	2,672	18,811
16.3.	187,065	9,7	1,815	12,774
17.3.	90,747	8,883	0,806	5,675
18.3.	67,749	6,2	0,42	2,957
19.3.	498,251	9,8	4,883	34,375
20.3.	616,217	10,133	6,244	43,959
21.3.	595,697	10,4	6,195	43,615
22.3.	572,679	10,417	5,965	41,998
23.3.	267,957	8,133	2,179	15,342

24.3.	708,343	9,35	6,623	46,626
25.3.	568,479	10,5	5,969	42,022
26.3.	287,289	9,517	2,734	19,248
27.3.	559,743	11,233	6,288	44,265
28.3.	486,538	10,483	5,101	35,907
29.3.	526,459	10,333	5,44	38,297
30.3.	707,826	9,433	6,677	47,006
31.3.	792,119	4,633	3,67	25,836
			suma:	695,717

duben				
den		svit	$Q_{\text{den skut}}$	$Q_{\text{den skut}}$
	$[\text{Wm}^{-2}]$		$[\text{kWhm}^{-2}]$	$[\text{kWh}]$
1.4.	704,163	5	3,521	24,787
2.4.	744,075	10,783	8,024	56,484
3.4.	686,203	10,783	7,4	52,091
4.4.	768,767	9,5	7,303	51,415
5.4.	634,509	8,083	5,129	36,106
6.4.	619,807	10,3	6,384	44,943
7.4.	234,586	6,25	1,466	10,322
8.4.	306,038	1,367	0,418	2,945
9.4.	234,467	8,683	2,036	14,333
10.4.	418,001	8,65	3,616	25,455
11.4.	654,855	9,683	6,341	44,640
12.4.	545,3	10,3	5,617	39,541
			suma:	403,062

Poznámka: (tab. 14) hovoří jen o množství dopadající energie pro oblast , Liberec-Rudolfov a neuvažuje se systémovými ztrátami a akumulací schopností systému.

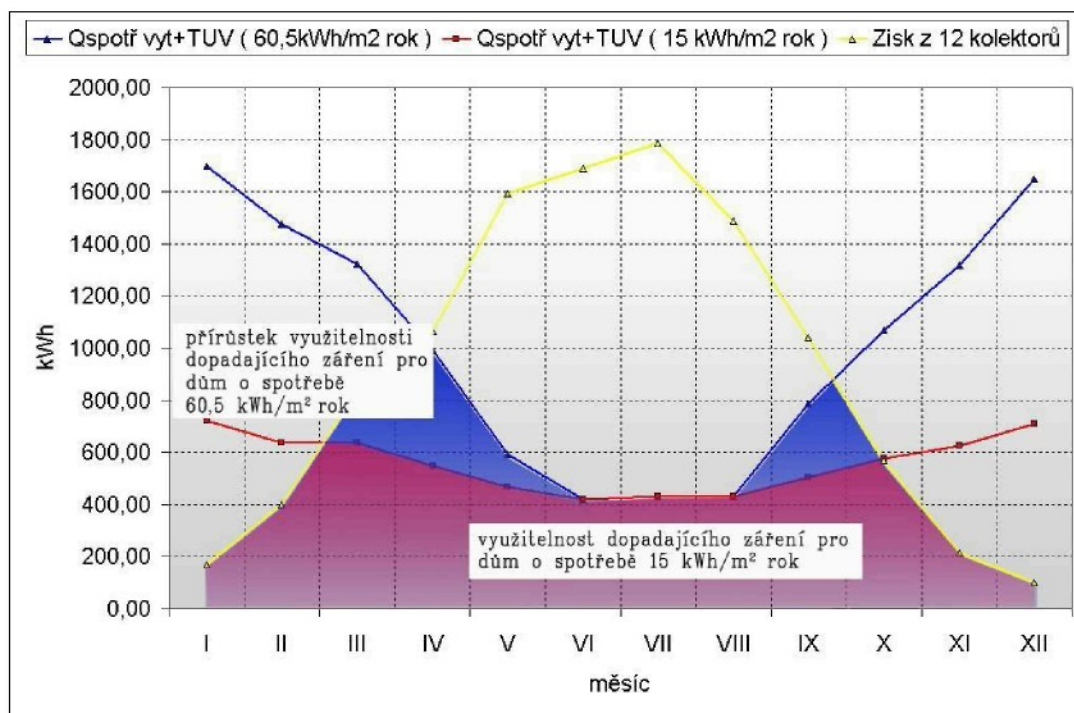
Hodnoty měsíčních úhrnů pro únor se shodují s hodnotami pro říjen. Obdobně je tomu tak i u následujících dvojic kalendářních měsíců: březen-září, duben-srpen, leden-listopad, květen-červenec. Měsíce slunovratu (červen a prosinec) není možno sdružovat s jinými měsíci.

8. 4. VYUŽITELNOST DOPADAJÍCÍHO ZÁŘENÍ VERSUS SOLÁRNÍ KRYTÍ POTŘEBY TUV A PŘITÁPĚNÍ

Zde byly spočteny z energetických bilancí domů o spotřebách $60,5 \text{ kWhm}^{-2}\text{rok}^{-1}$ (což je zvolený objekt pro DP) a $15 \text{ kWhm}^{-2}\text{rok}^{-1}$ procentuální zastoupení využitelností

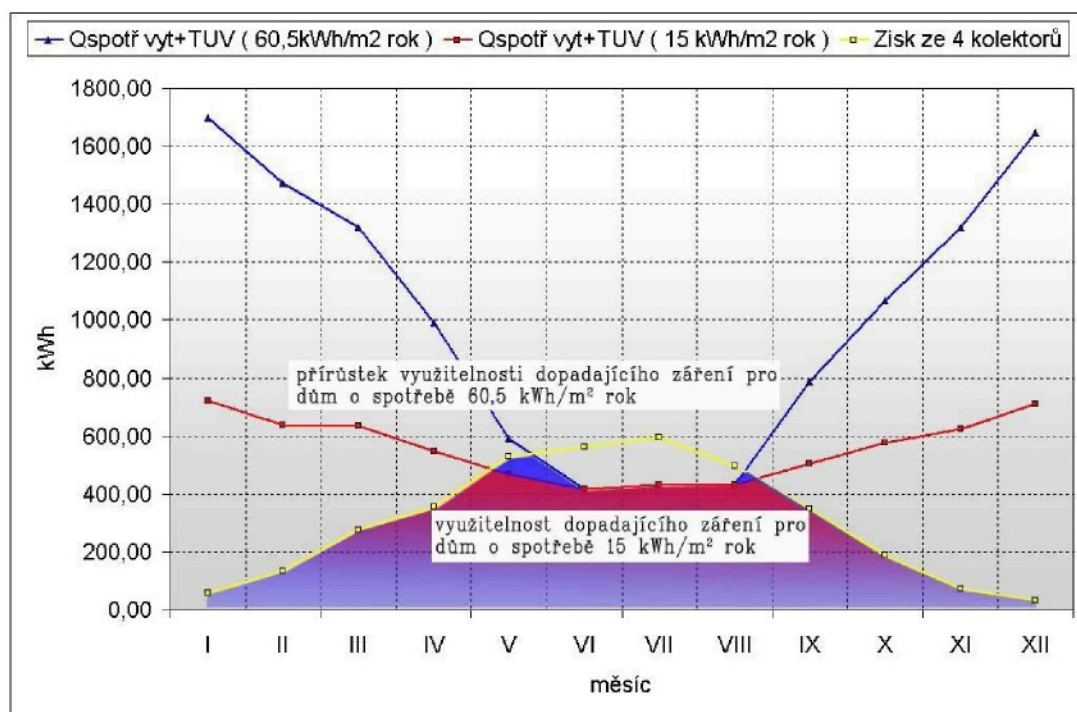
dopadajícího záření a možné solární krytí potřeby pro ohřev TUV a přitápění. Na (Grafu 7) a v (tab. 15) je porovnání těchto dvou domů obsahujících větší solární systémy s kolektorovou plochou o velikosti $21,12\text{m}^2$ (12kolektorů). V (grafu 8) a v (tab. 16) je to samé provedeno pro menší solární systém s plochou $7,04\text{m}^2$ kolektorové plochy, (4 kolektory). Je patrné, že využitelnost dopadajícího záření s úspornějším domem bude klesat. Je to z důvodu nižší potřeby tepla transformované ze sluneční energie pro provoz. Naopak solární krytí potřeby pro ohřev TUV a přitápění s úspornějším domem roste.

Graf 7 - využitelnost dopadajícího záření (systém s 12 kolektory)



Tab. 15 - Solární systém obsahující 12 kolektorů Heliostar 400

	Využitelnost dopadajícího záření	Solární krytí potřeby na ohřev TUV a přitápění
Dům se spotřebou $60,5\text{ kWhm}^{-2}\text{ rok}^{-1}$	54,24 %	48,73 %
Dům se spotřebou $15\text{ kWhm}^{-2}\text{ rok}^{-1}$	44,70 %	72,88 %

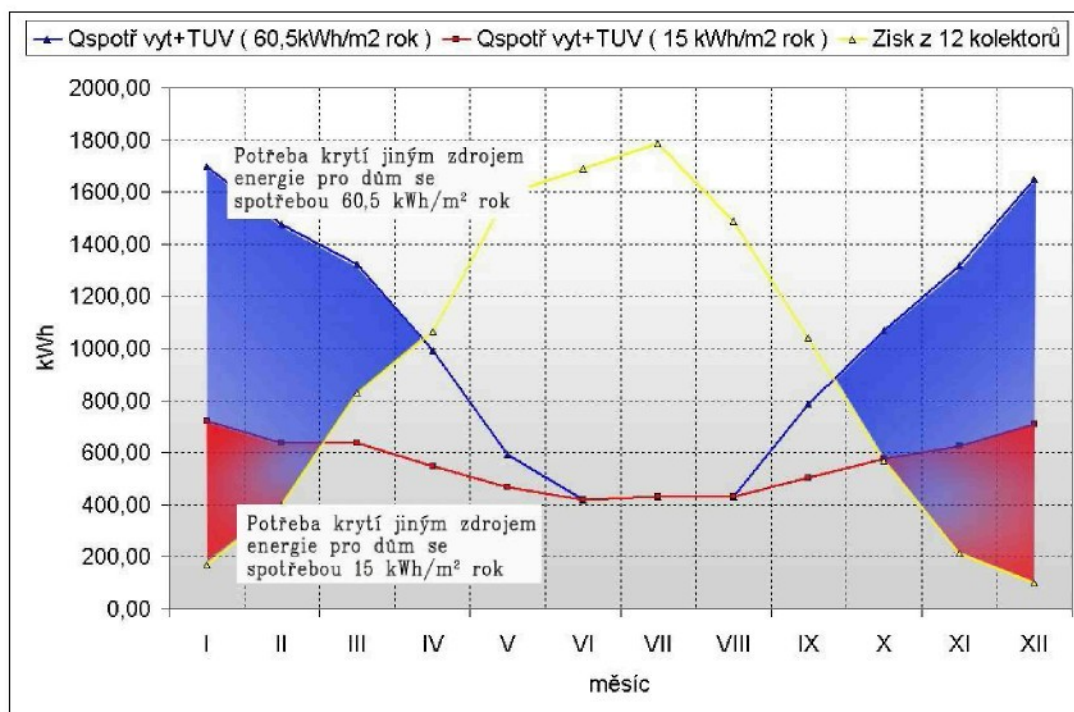
Graf 8 - využitelnost dopadajícího záření (systém se 4 kolektory)**Tab. 16** - Solární systém obsahující 4 kolektory Heliostar 400

	Využitelnost dopadajícího záření	Solární krytí potřeby na ohřev TUV a přitápění
Dům se spotřebou 60,5 kWhm ⁻² rok ⁻¹	89,82 %	26,89 %
Dům se spotřebou 15 kWhm ⁻² rok ⁻¹	88,09 %	47,88 %

Na (grafu 9) je zobrazeno množství energie, které je pro různě energeticky náročné budovy potřeba krýt z jiného zdroje při velikosti kolektorové plochy obsahující 12 kolektorů. Pro dům se spotřebou 60,5 kWhm⁻²rok⁻¹ je to 6246,8 kWh, (modrá

plocha+červená plocha) a pro nízkoenergetický dům o spotřebě $15 \text{ kWh/m}^2\text{rok}^{-1}$ je to 1820,53 kWh, (červená plocha).

Graf 9 - Nedostatek slunečního záření



pozn.: předchozí grafy a tabulky neuvažují s celkovými systémovými ztrátami a akumulační schopností systému.

9. POROVNÁNÍ HODNOT

Cílem této části DP bylo v podstatě ověřit, zda je možné používat řídicí jednotku HANAZEDER ELECTRONICS řady SH-8 jako spolehlivý zdroj měřených dat.

Pro toto ověření byly vybrán jeden den, kdy sluneční záření dosahovalo vysokých hodnot. Dále v tento den nebyl používán topný okruh v systému v souvislosti se zabráněním ovlivnění celého měření. Pro toto měření byl určen den 4.4. 2005.

Toto měření probíhalo také v průběhu celého dne. Byl měřen rozdíl teplot na vstupu a výstupu ze zásobníku a spočteno průtočné množství a měrná tepelná kapacita. Dále byl stanoven tepelný výkon ve (W) a následně tepelný zisk za celý den. Tato hodnota byla posléze porovnána s hodnotou tepelného zisku, kterou zobrazovala řídicí jednotka SH-8.

Výpočet:

$$\dot{Q} = \dot{m} c_p \cdot \Delta t = 0,1356 \cdot 3669,5442 \cdot 6,6301 = 3299,7610 \text{ W}$$

Doba svitu byla v tento den $\tau_{skut} = 31017,6 \text{ s} = 8,616 \text{ hod}$

$$Q_{zisk} = \dot{Q} \tau_{skut} = 3299,7610 \cdot 31017,6 = 102,350 \text{ kJ} = 28,4329 \text{ kWh}$$

Z řídicí jednotky SH-8 byla po měření odečtena hodnota tepelného zisku stanoveného jednotkou. $Q_{zisk \text{ SH-8}} = 29 \text{ kWh}$

Z provedeného měření je patrné, že řídicí jednotka, na které byla nastavena správná hodnota faktoru vycházející z laboratorního měření v konečném důsledku vyhovuje požadované přesnosti.

Dále byla pro tento den stanovena hodnota teoretické účinnosti kolektoru vycházející z teoretického vzorce. Poté byla stanovena hodnota skutečné účinnosti kolektoru pro dané podmínky.

$$\eta_{teor} = \eta_0 - k_1 \cdot x - k_2 \cdot x^2 \cdot \phi = 59 \%$$

$$\eta_{skut} = \frac{\dot{m} c_p \cdot \Delta t_{kol}}{\phi S_{kol}} = 47,73 \%$$

kde $S_{kol} = 4 \cdot 1,76 = 7,04 \text{ m}^2$ je plocha kolektorové plochy

Rozdíl mezi teoretickou a skutečně naměřenou účinností je za daných podmínek 11,27 %.

Jako poslední byly pro den 6.4.2005 stanoveny tepelné zisky do zásobníku a byly porovnány s tepelnými zisky z kolektoru.

$$\dot{Q}_{kol} = \dot{m} c_p \cdot \Delta t = 0,1349 \cdot 3721,4530 \cdot 4,2478 = 2132,7560 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{zás} = \dot{m} c_p \cdot \Delta t = 0,1349 \cdot 3721,4530 \cdot 4,0186 = 2017,7138 \text{ W}$$

$$Q_{kol} = \dot{Q}_{kol} \cdot \tau_{skut} = 2132,756 \cdot 27597,6 = 58,858 \text{ MJ} = 16,3511 \text{ kWh}$$

$$Q_{zás} = \dot{Q}_{zás} \cdot \tau_{zás} = 2017,7138 \cdot 27597,6 = 55,684 \text{ MJ} = 15,4691 \text{ kWh}$$

Nižší tepelné zisky jsou způsobeny tepelnými ztrátami potrubního rozvodu.

9.1. STANOVENÍ SOLÁRNÍCH ZISKŮ

V této části diplomové práce byly zpracovány hodnoty solárních zisků transformovaných na kolektorech za časové období, po které bylo čerpadlo v chodu. Znázorněné výsledky hodnot jsou v příloze (č. 2).

Příloha (č. 2) obsahuje denní úhrny zachycené energie a účinnosti kolektorů v období od 20.3. do 12.4. 2005.

Ve dnech (20, 21, 22, 23, 24 a 27.3), byly hodnoty účinností zkresleny, neboť bylo spuštěno topení. Ve dnech (7 a 9.4), kdy téměř nebylo spuštěno čerpadlo solárního okruhu, či rozdíl teplot vycházel záporný, byly hodnoty účinnosti také zkresleny.

Příloha (č. 1) obsahuje denní úhrny dopadající energie v období od 26.2. do 19.3.2005. Na jednotlivých grafech je navíc červeně znázorněno, kdy byl systém v chodu. Ve dnech únorových a v březnu ve dnech od 1.3. do 13.3. (kromě 5 a 6.3) čerpadlo solárního okruhu nebylo v chodu vůbec. Bylo to způsobeno vrstvou sněhové pokrývky na kolektorech. Předpoklad, že kolektory zahřáté na určitou teplotu rozpustí napadaný sníh, který posléze sjede z kolektorů, které jsou uchyceny pod úhlem 45° se ukázal mylný. Je tomu samozřejmě i proto, že se jednalo o podtlakové kolektory, kde přenos tepla z kolektoru do okolního prostředí je omezený. Bylo to zjištěno pro nejrůznější dny, kdy byla sněhová pokrývka z kolektorů odstraňována mechanicky.

Energie zachycená 4 kolektory za celou dobu měření je 388,38 kWh. Hodnota energie zachycená kolektory o stejné ploše za rok je 3648,29 kWh.

Energie zachycená za dobu měření od 26.2 do 12.4. 2005 tvoří tedy 10,64 % z energie, kterou je možné zachytit v daných podmínkách v průběhu celého roku. Jestliže se předpokládá stejný díl energie získaný v podzimním přechodovém období, tak 78,72 % energie se musí získat během zbytku roku a to především v letním období.

Pro přesnou identifikaci solárních zisků bylo třeba zjistit, kdy je čerpadlo solárního okruhu v chodu. Výpočet solárních zisků jen z teoretických hodnot by nebylo přesné, jelikož čerpadlo primárního okruhu se uvádí v činnost až teprve při rozdílu teplot mezi kolektorem a zásobníkem kolem 5-ti $^\circ\text{C}$. Z toho tedy vyplývá, že při silně proměnlivém počasí, kdy může sluneční svit dosahovat vyšších hodnot, ale jen na

krátké okamžiky, nemusí být systém uveden do chodu vůbec, jako tomu bylo z počátku experimentálního měření, ve dnech únorových a březnových.

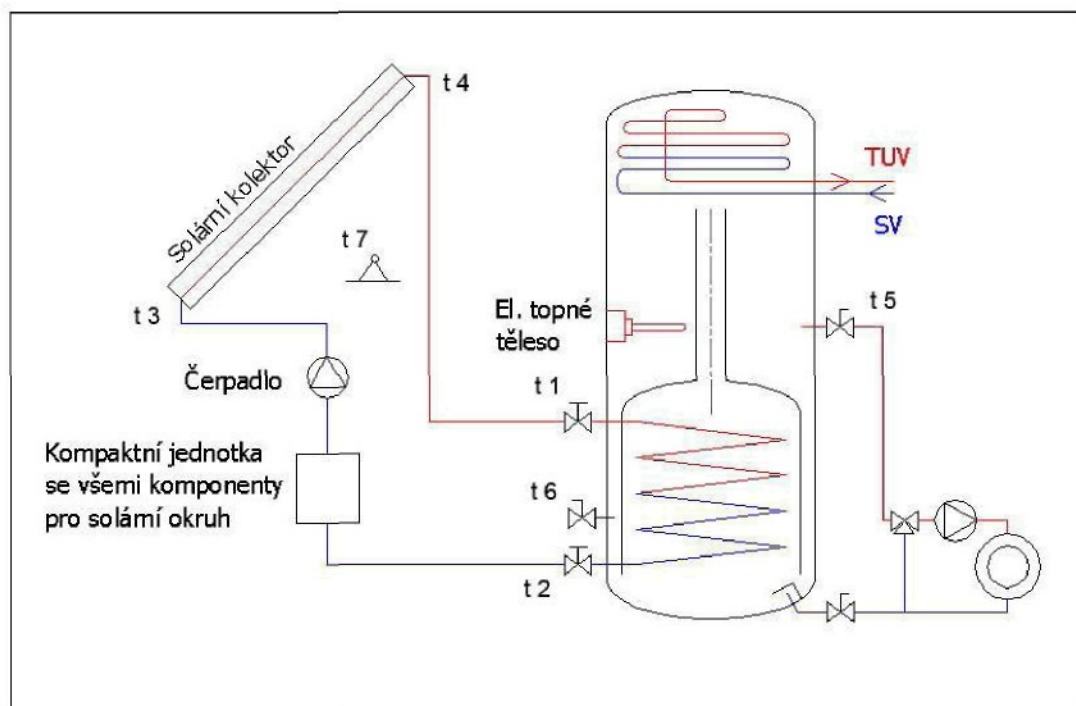
Řídící jednotka SH-8 pouze nasčítává celkovou dobu chodu systému, tedy chodu čerpadla za libovolně zvolenou dobu, (např. 1 den). Proto byly okamžité hodnoty chodu čerpadla zaznamenávány do přístroje {1}, kde každou minutu bylo zjištěno, jestli je do čerpadla z řídící jednotky dodáván elektrický proud, či nikoliv. Muselo být sestaveno zařízení, které přes adaptér a odporový dělič napětí redukovalo napětí z 230V na 2V, což byla hodnota, kterou přístroj požadoval. Vyšší napětí přístroj {1} nebyl schopen zaznamenávat.

9.2. PRŮBĚHY TEPLOT V SYSTÉMU

Současně byly měřeny teploty na kolektorech, zásobníku a okolí pomocí termočlánků (NiCr-Ni), které umožňují měřit teploty v rozsahu (-200°C až 1370°C). Hodnoty byly opět zaznamenávány do přístroje {1}. Cílem bylo monitorovat vývoj teplot v celé solární soustavě.

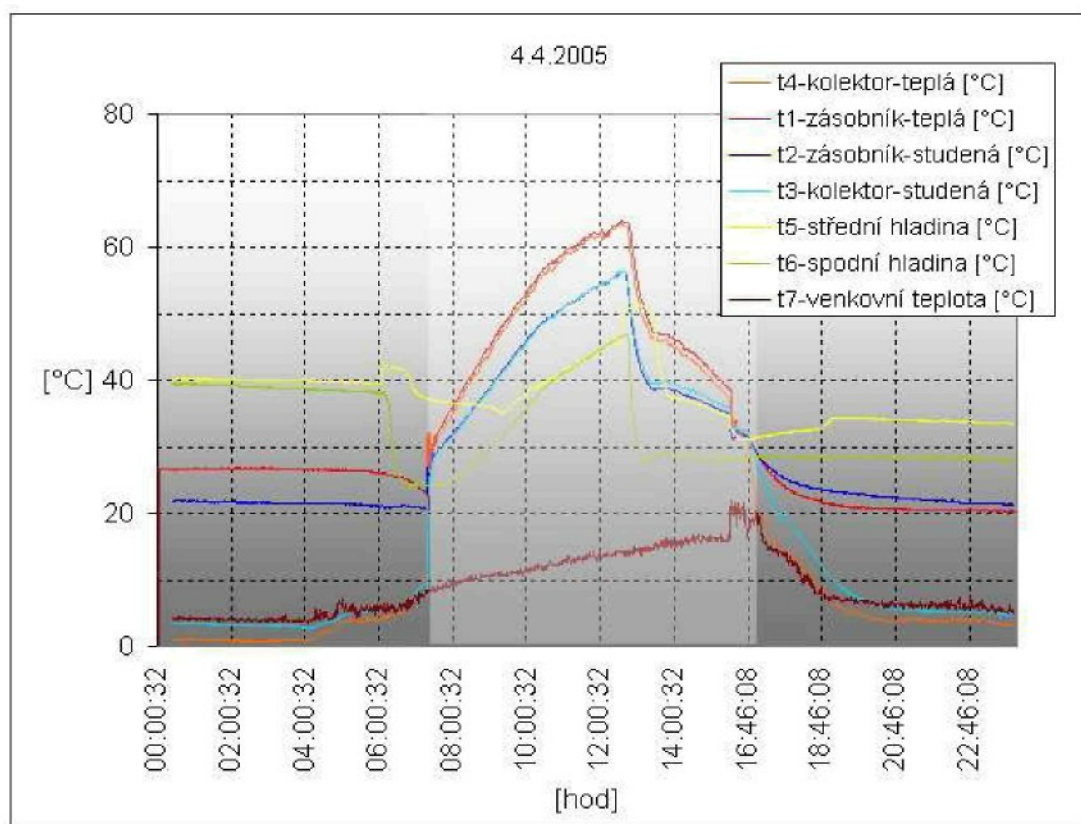
Obr. 22 - Foto solárního zásobníku a použitých přístrojů



Obr. 23 - Měřicí místa stanovená na soustavě

Popis:

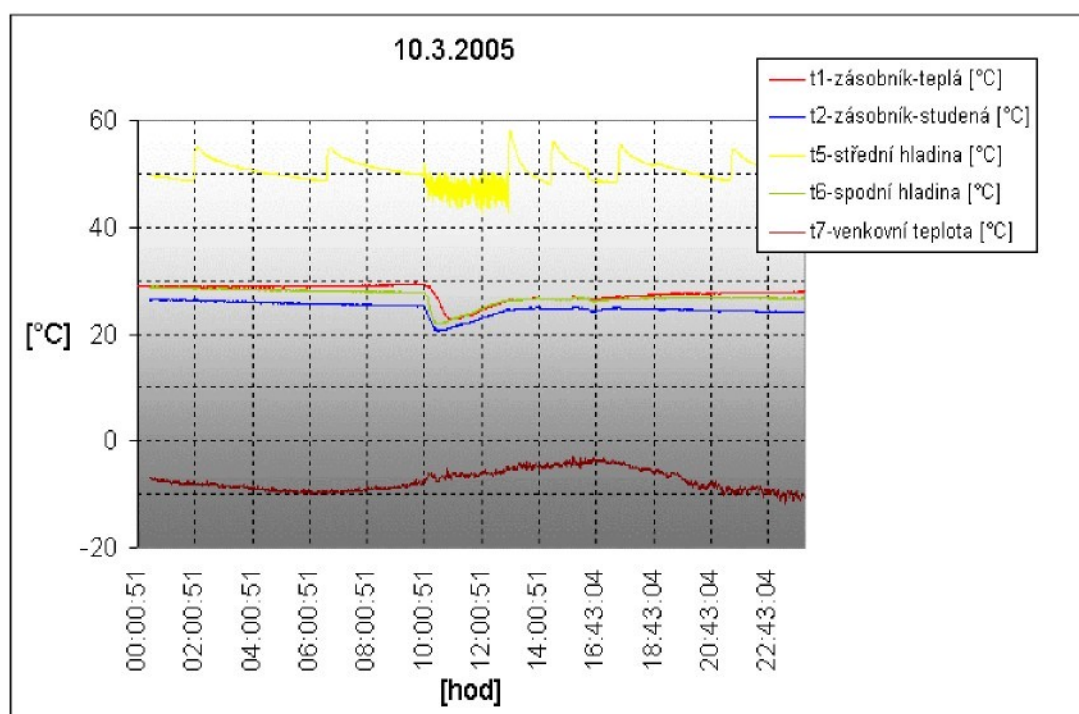
- t1 - Čidlo teploty měřené na vstupu do zásobníku (teplá větev)
- t2 - Čidlo teploty měřené na výstupu ze zásobníku (studené větev)
- t3 - Čidlo teploty na vstupu do kolektoru
- t4 - Čidlo teploty na výstupu z kolektoru
- t5 - Čidlo teploty měřené na potrubí pro podlahové vytápění
- t6 - Čidlo teploty ve spodní části solárním zásobníku (čidlo zásobníku)
- t7 - Čidlo venkovní teploty

Graf 10 - Průběhy teplot ze dne 4.4.2005

Z grafu 10 je zřejmý průběh teplot v systému ze dne 4.4. 2005. Tento den nebylo použito přitápění topným tělesem v solárním zásobníku. Čerpadlo solárního okruhu bylo zapnuto nepřetržitě téměř celý den, což vyznačuje v grafu světlá oblast. Teploty t1 a t4 se po dobu chodu čerpadla téměř shodují, což je dáno relativně krátkým potrubním systémem a jeho izolací. Rozdíl samozřejmě nastává při nečinnosti systému. Podobně je tomu i teplot t2 a t3. Teplotní čidlo t5, které je umístěno ve středu výšky zásobníku se mírně zvyšuje s určitým zpožděním po zapnutí čerpadla solárního okruhu, jelikož teplo předané solárním výměníkem stoupá do horní části zásobníku trubící umístěnou ve středu přímo k průtočnému výměníku na TUV. Teplotní čidlo t6, je zároveň teplotní čidlo v zásobníku. Jakmile je tato teplota o 5K nižší, než teplotní čidlo umístěné na absorbéru nejteplejšího, tedy posledního kolektoru v sestavě, čerpadlo solárního okruhu se uvede do chodu. (Teplota čidla umístěného na absorbéru je téměř shodná s teplotou t4, což je teplota na výstupu z kolektoru). Teplota t7 značí teplotu venkovního prostředí. Toto čidlo je chráněno před přímým slunečním svitem.

Velký vliv na vývoj teplot v solárním zásobníku mělo zapnutí otopného systému, kdy byla teplota kapaliny přibližně o teplotě 35 až 40 °C pomocí čerpadla otopného okruhu ochlazována v nízkoteplotním systému podlahového vytápění. Topná kapalina se ochlazená vracela zpět do spodní části zásobníku. Následně, či v průběhu, pokud bylo potřeba byl zásobník dobíjen prostřednictvím elektrického topného tělesa, které bylo součástí solárního zásobníku. Toto ovlivnění je zachyceno na (grafu 11), který je ze dne 10.3.2005.

Graf 11 - Průběhy teplot v systému při chodu čerpadla otopného okruhu



Tento den je pro ukázkou vhodný proto, že za celý den nebylo čerpadlo solárního okruhu v chodu a tím tedy nepřipadá další ovlivnění teplot v úvahu. Systém nebyl v chodu z důvodu sněhové pokrývky kolektorů. Sluneční záření tedy nemohlo ohřát plochu absorberu na požadovanou hodnotu.

Jednotlivé naměřené teploty nejsou úplně přesné, jelikož pro správné stanovení teplot by teplotní čidla musela být zabudována přímo v zásobníku či potrubí, což nebyla.

9. 3. OPTIMALIZACE SOLÁRNÍHO SYSTÉMU

Během měření byly zjištěny určité nedostatky, které nepříznivě ovlivňovaly chod systému.

Když byla solární soustava po delším klidovém stavu (např. po noci) uvedena do chodu, byla teplota kapaliny v solárním okruhu vychladlá často pod teplotu v zásobníku. Při spuštění systému docházelo ke krátkodobému odvádění tepla ze zásobníku. Tuto skutečnost by řešilo vestavění bypassu, což je obtok tepelného zásobníku. Trojcestným ventilem se otevře cesta k tepelnému výměníku umístěnému v zásobníku teprve tehdy, ohřeje-li se teplota kapaliny v okruhu na vyšší teplotu, než je teplota vody v zásobníku.

Jestliže by se měřily energetické toky v kolektoru, zásobníku a v potrubí, bylo by z nich možné odvodit signály pro řízení čerpadla. Kdyby bylo použito řízení pracujícího s diferencí teplot, jako je tomu u zvoleného systému dnes, potom by ráno byl dán čerpadlu impuls pro zapnutí ihned po dosažení nastaveného teplotního rozdílu a tím by zpočátku opět docházelo k vybíjení zásobníku. Při použití řízení na základě energetických toků čerpadlo čeká tak dlouho, až je teplota v kolektoru natolik vysoká, že množství tepla přicházejícího z kolektoru je větší, než tepelná ztráta zásobníku (při náběhu).

Takováto koncepce je vhodná zvláště pro soustavy, které mají potrubní systém instalovaný vně budovy.

Podstatným nedostatkem bylo nedokonalé zaizolování venkovního potrubí. Toto mělo vliv na přesnost měření teplot na vstupu a výstupu z kolektoru. Tepelné ztráty byly navíc na výstupu z kolektoru, kde je vyšší teplota než na vstupu.

Solární systém je dále nutno doplnit zpětnými klapkami, aby nedocházelo k únikům teplé kapaliny ze zásobníku.

9. 4. MNOŽSTVÍ A KVALITA ENERGIE

Dále je zapotřebí kalkulovat s pojmy množství energie a kvalita energie při provozu solárního systému. Z půlky nabitý 300 litrový zásobník může tedy nabídnout různé kvality tepla. Např. zásobník se 150 litry vody o teplotě 50°C a 150 litry vody o

teplotě 10°C má stejné množství vnitřní energie jako zásobník s 300 litry vody o teplotě 30°C teplé. V prvním případě je samozřejmě odběratel spokojen a 150 litrů spotřebuje, ve druhém případě musí vodu dohřívát cizí energií, což většinou připisuje špatné funkci solární soustavy.

Rozdíl je v tom, že v solárním zásobníku dochází k tepelnému vrstvení vody. Navíc voda má relativně malou tepelnou vodivost, díky které je výměna tepla mezi vrstvami ztížena.

Topné systémy, v nichž teploty na vstupu a zpátečky byly dříve dimenzovány na 90/70 °C, nejsou pro užitečnou solární podporu vhodné. Význam mají pouze moderní nízkoteplotní systémy s teplotou na přívodu a zpátečky 40/30 °C, což je tedy přibližně uprostřed využitelnosti solárního systému pro přípravu TUV.

Jestliže tedy sluneční záření nedává dostatek energie pro ohřev TUV a solární okruh by v takovém případě vypnul, je možné spustit topný okruh a dále využívat sluneční záření v případě, že využíváme vlastností solárního zásobníku, jakou je stratifikace. Energie ze slunce v takovém případě může stačit pro topení a systém je dále v provozu.

Možný zářivý tok ze slunce není možné zvýšit, ale s novými typy solárních zásobníků a jejich zapojeními je možné tuto energii čím dál tím lépe uchovávat právě pro periody chudé na sluneční záření.

Jedním ze směrů vývoje v oblasti solárních zásobníků je využití latentního tepla při změně skupenství. Nyní byly objeveny a zkoumány materiály, u nichž změny skupenství probíhají při vyšších, tzn. při lépe využitelných teplotách. Jsou to například parafin při 20-90°C, nebo různé hydráty solí mezi 25 a 70°C. Takovéto zásobníky mají vyšší akumulační kapacitu, jakož i skutečnost, že se úroveň teploty při nabíjení a vybíjení (změnou skupenství) mění jen nepatrně.

Ovšem některé látky při častém nabíjení a vybíjení mění své vlastnosti a ztrácí akumulační kapacitu, u jiných dělá problémy materiál tuhnoucí na tepelném výměníku. Zatím bohužel není přijatelně pracující produkt, který by byl vhodný pro přípravu TUV nebo vytápění.

9. 5. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Nízkoteplotní sluneční systémy lze hodnotit stejně jako ostatní technická zařízení podle jejich ekonomické efektivity. Přitom je ovšem nutno přihlížet k tomu, že jde o čistou a obnovitelnou energii, která se nemůže vyčerpat a která nezanechává žádné škodlivé zplodiny. Je proto třeba přihlížet také k ekologickému aspektu, pro jehož vyčíslení dosud chybí spolehlivé podklady. Kromě toho je třeba při současně probíhajících změnách ekonomiky zvážit:

- Předpokládané zvýšení cen za energii
- Předpokládaný vývoj cen za komponenty slunečních systémů
- Předpokládaný vývoj úrokové míry v našem peněžnictví
- Případné dotace společnosti při využití ekologicky nezávadných zdrojů energie

Energetická výhodnost nemusí znamenat také výhodnost z hlediska celkové ekonomie. Vždy je nutno respektovat i údaje o cenách za jiné druhy energie, o investičních nákladech a době životnosti slunečních systémů a jejich komponentů. Všeobecnou orientaci o výhodnosti aktivních slunečních systémů umožňuje tzv. stupeň krytí spotřeby energie

$$f = \frac{Q_{kol} \cdot S_{kol}}{Q_{spotř}} = \frac{3\,648}{12\,184} = 0,3$$

při použití solární sestavy obsahující 4 kolektory Heliostat 400 a $f = 0,89$ při sestavě obsahující 12 kolektorů.

Q_{kol} měrná energie zachycená kolektory za období jednoho roku v (kWh/m²)

S_{kol} plocha kolektorů v (m²)

$Q_{spotř}$ spotřeba energie za stejné období jako u Q_{kol}

Roční stupeň krytí spotřeby energie by měl být vždy $f < 1$. Je-li $f > 1$, je plocha kolektorů zbytečně velká a zařízení je drahé, tj. neekonomické.

Přesnější ekonomické hodnocení aktivních slunečních systémů je v [5].

Porovnání úspor za energie při solární soustavě složené ze 4 a 12-ti kolektorů při různých druzích náhradního paliva.

$S_{kol} \cdot Q_{kol\ rok}$ = získaná energie ze slunce

Tab. 17 - Porovnání cen úspory vzhledem k jiným druhům paliv

Heliostar 400		
	4 kolektory	12 kolektorů
$S_{kol} \cdot Q_{kol}$ rok	3648,29	10944,86
$Q_{jiný zdroj}$	8535,86	1239,29
Roční platba za palivo v Kč :		
dřevo	4639,72432	
ZP	10636,76295	
El.en.	48371,0755	
cena paliva za potřebnou energii pro jiný zdroj tepla v (Kč) za rok		
	4 kolektory	12 kolektorů
dřevo	3250,455488	471,921632
ZP	7451,80578	1081,90017
El.en.	33887,3642	4919,9813
úspora při použití různých paliv v Kč :		
	4 kolektory	12 kolektorů
dřevo	1389,268832	4167,802688
ZP	3184,95717	9554,86278
El.en.	14483,7113	43451,0942

Z uvedeného srovnání je patrné, že největších úspor je dosaženo, jestliže solární sestava nahrazuje systém, který využívá elektrickou energii přímo pro ohřev TUV a vytápění. Jako náhradní zdroj k dotápění solárního zásobníku by se tedy elektrická energie používat neměla, ale mnoho soustav používá pro přitápění např. elektrické topné spirály. U menších soustav pro dohřev TUV, např. pouze při sezónním používání u rekreačních domků je to možné, ale pro soustavy, které slouží i k přitápění budov s celoročním provozem ekonomicky nevhodné. Jednoznačně by v takových případech měl být použit např. kotel na ZP.

10. ZÁVĚR

První část diplomové práce se zabývá laboratorním měřením, které bylo třeba provést pro pozdější experimentální měření na zvolené, energeticky úsporné budově. Nejprve bylo provedeno laboratorní měření, které se zabývalo kalibrací průtokoměru S-IMP-02 pomocí plováčkového průtokoměru (rotametru).

Druhá část laboratorního měření se zabývá zjištěním faktoru pro řídicí systém HANAZEDER ELECTRONICS řady SH-8, pro ověření správnosti zobrazovaného tepelného výkonu na displeji přístroje.

Cílem bylo ověřit, zda je možné používat řídicí jednotku HANAZEDER ELECTRONICS řady SH-8 jako spolehlivý zdroj měřených dat.

Bylo zjištěno, že při správném nastavení faktoru pro daný rychlostní stupeň čerpadla lze. Při ověřování řídicí jednotky na reálné soustavě, kdy byl vybrán slunečný den se toto laboratorní měření potvrdilo.

V experimentálním měření na reálné solární soustavě byly dále porovnány hodnoty teoretické účinnosti kolektoru vycházející z teoretického vzorce z hodnot udávaných výrobcem kolektorů a skutečné účinnost kolektoru vycházející z daných podmínek. Rozdíl mezi teoretickou a skutečně naměřenou účinností byl za daných podmínek 11,27 %.

V další části byla měřena intenzita slunečního svitu za přechodové období od 26. února do 12. dubna v oblasti Liberec – Rudolfov a byly stanoveny energetické zisky za jednotlivé dny.

Zachycená energie 4 kolektory, které byly na objektu umístěny za celou dobu měření, byla 388,38 kWh. Hodnota energie zachycená kolektory o stejné ploše za celý rok je 3648,29 kWh. Energie zachycená po dobu měření od 26.2 do 12.4. 2005 tvoří tedy 10,64 % z energie, kterou je možné zachytit v daných podmínkách v průběhu celého roku. Jestliže se předpokládá stejný díl energie získaný v podzimním přechodovém období, tak 78,72 % energie se musí získat během zbytku roku a to především v letním období.

Současně byly měřeny teploty na kolektorech, zásobníku a okolí, pro sledování vývoje teplot v systému při běžném provozu solární soustavy.

Dále byly porovnány hodnoty vycházející z měření, či z jednotlivých teoretických výpočtů.

Porovnáním dvou odlišně energeticky úsporných budov, kde první byla budova zvolená pro experimentální měření, jejíž spotřeba na vytápění je $60,5 \text{ kWhm}^{-2}\text{rok}^{-1}$ a druhou byl nízkoenergetický dům se spotřebou $15 \text{ kWhm}^{-2}\text{rok}^{-1}$ bylo zjištěno procentuální zastoupení využitelností dopadajícího záření a možné solární krytí potřeby pro ohřev TUV a přitápění.

Z výsledků je patrné, že využitelnost dopadajícího záření s úspornějším domem klesá. Je to z důvodu nižší potřeby tepla transformované ze sluneční energie pro provoz. Naopak solární krytí potřeby pro ohřev TUV a přitápění s úspornějším domem roste.

Na závěr je potřeba konstatovat, že solární systémy se v našich podmínkách mohou při správném zvolení a provozování velice dobře využívat pro ohřev TUV po celý rok a účinně pomáhat při přitápění zvláště v přechodových měsících.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČSN 06 0210 - výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění
- [2] ČSN 73 0540-3 - tepelná ochrana budov - výpočtové hodnoty veličin pro navrhování a ověřování
- [3] Brož, K.: Vytápění, ČVUT, Praha, 2002
- [4] ČSN 38 3350 – Zásobování teplem (všeobecné zásady)
- [5] Cihelka, J.: Solární tepelná technika, nakladatelství T. Malina, Praha, 1994
- [6] Cihelka, J.: Sluneční vytápěcí systémy, SNTL, Praha, 1984
- [7] Humm, O.: Nízkoenergetické domy, Grada Publishing, 1999
- [8] Ladener, H., Spate, F.: Solární zařízení, Grada Publishing, 2003
- [9] Schüle, R., Ufheil, M., Neumann, C. Thermische Solaranlagen, Marktübersicht. Öko-Institut e.V. (Hrsg.), ökobuch Verlag, Staufen, 1997 (přehled charakteristik a technická. data kolektorů)
- [10] Temesl, A., Weis, W. Solaranlagen Selbstbau. Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie, Gleisdorf und ökobuch Verlag, Staufen, überarbeitete Neuauflage 1999
- [11] Cihelka, J. a kol.: Vytápění, větrání a klimatizace (3.vyd.). SNTL, Praha 1985
- [12] Návod k obsluze THERM 3280-8M,
- [13] Sborník XXII. Mezinárodní vědecká konference kateder a pracovišť mechaniky tekutin a termomechaniky, vydavatel-Technická univerzita v Liberci, 2003
- [14] Jenčík, J., Volf, J. a kolektiv: Technická měření, ČVUT, Praha 2003
- [15] Karamanolis, S.: Sluneční energie, MAC, s.r.o., Praha, 1996
- [16] SPF Info-CD 2001 (Thermal Solar Energy), 2001

SEZNAM PŘÍLOH

- | | |
|---------------------|---|
| Příloha č. 1 | denní úhrny dopadající energie v období od 26.2 do 19.3. 2005 |
| Příloha č. 2 | denní úhrny zachycené energie v době chodu systému v období od 20.3. do 12.4. 2005 |
| Příloha č. 3 | technické údaje pro teplotonosnou kapalinu Kolektor P |
| Příloha č. 4 | měsíční úhrny slunečního svitu v období od 1.1. do 31.12. 2004 z meteorologické stanice Liberec |

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA STROJNÍ
Katedra energetických zařízení



PŘÍLOHY

Počet stran: 49
Počet grafů: 46
Počet tabulek: 48

Příloha č. 1

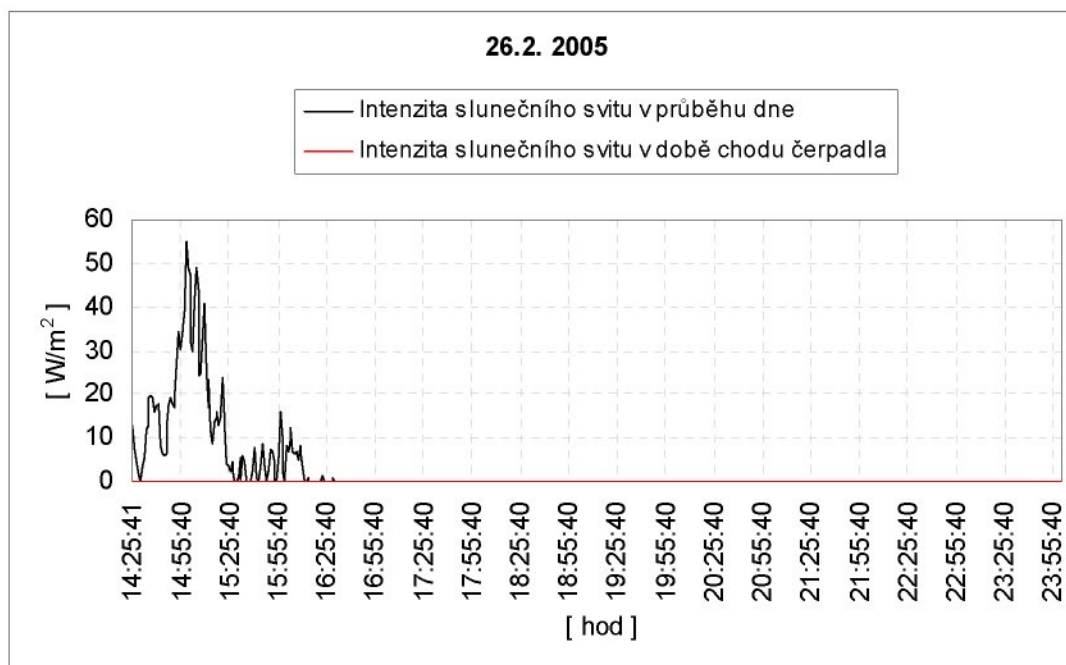
Poznámka: $\phi_{stř} = q_{stř}$

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² ZE DNE 26.02.2005

τ	[h]	1,583333	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	14,70868	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	0,163953	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	0	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	0	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	0	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

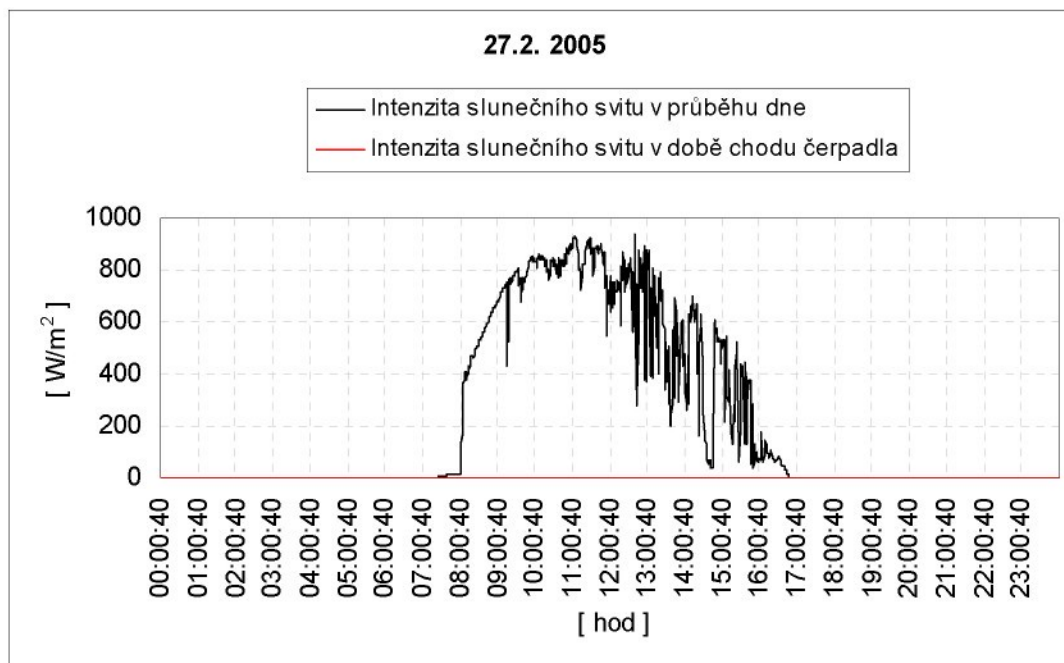


ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04 m² ZE DNE 27.2. 2005

τ	[h]	9,466667	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	522,7623	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	34,83967	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	0	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	0	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	0	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

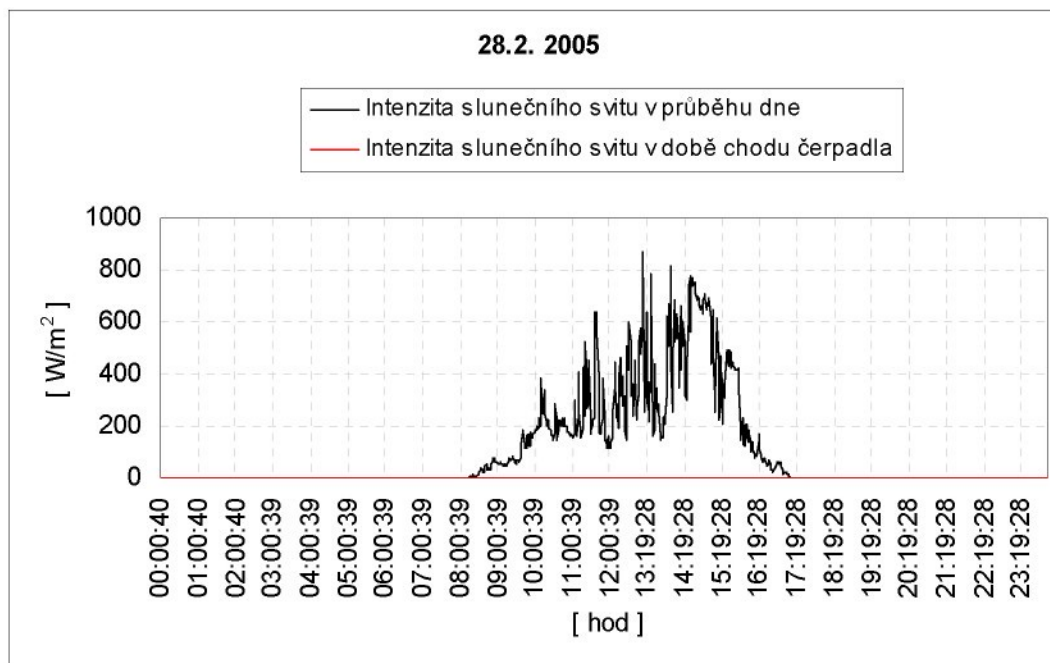


ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04 m² ZE DNE 28.2. 2005

τ	[h]	8,65	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	259,9132	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	15,82767	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	0	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	0	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	0	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

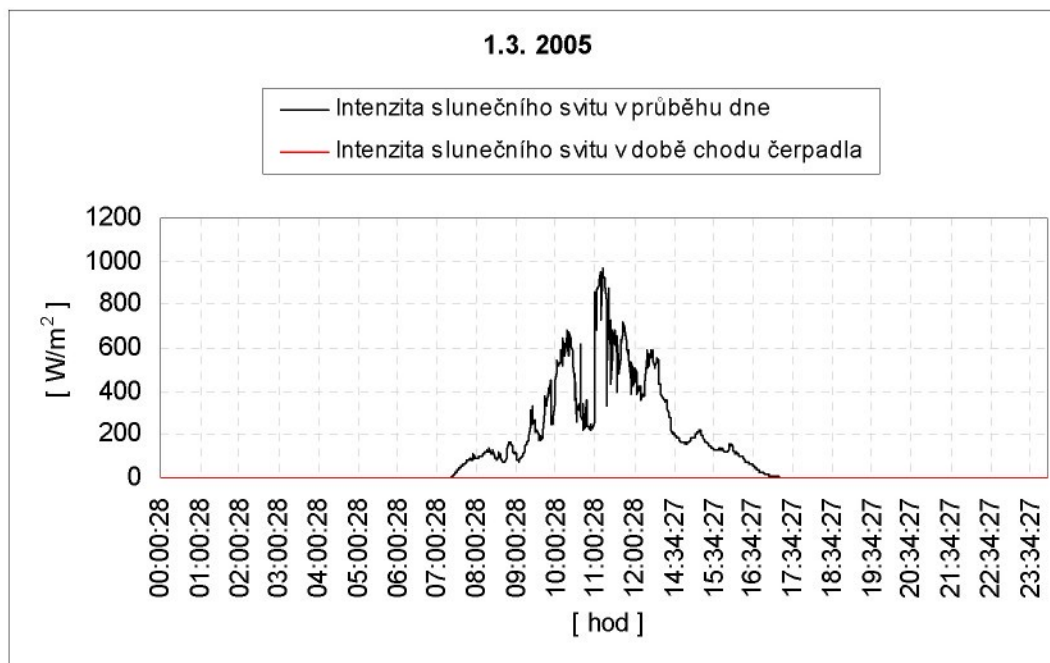


ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04 m² ZE DNE 1.3. 2005

τ	[h]	8,383333	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	261,6188	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	15,44039	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	0	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	0	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	0	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

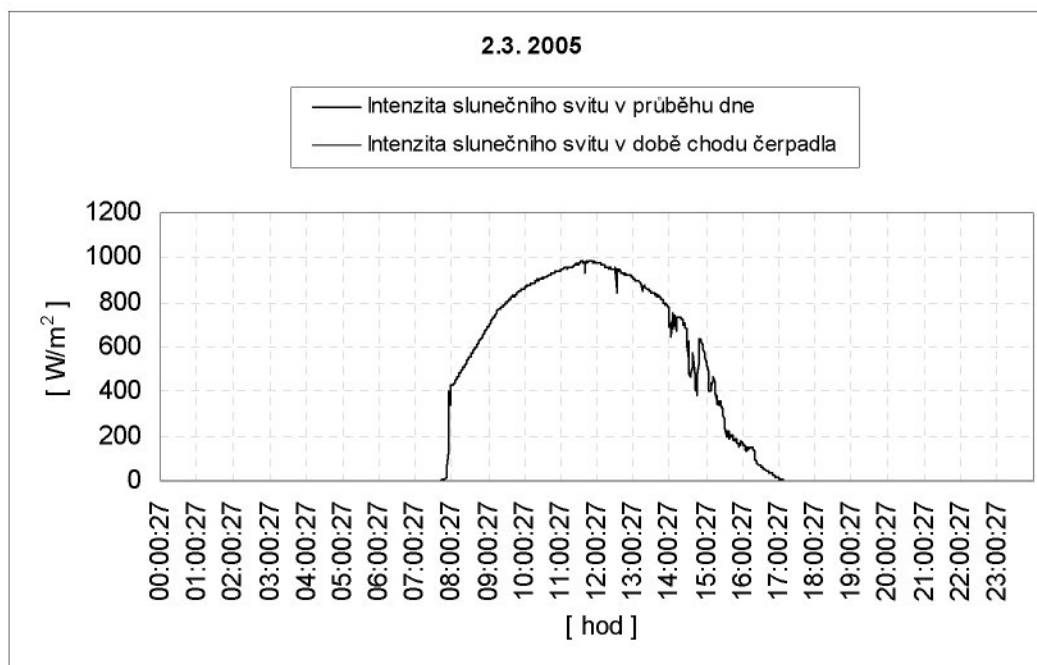


ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04 m² ZE DNE 2.3. 2005

τ	[h]	9,516667	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	635,5425	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	42,57965	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	0	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	0	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	0	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

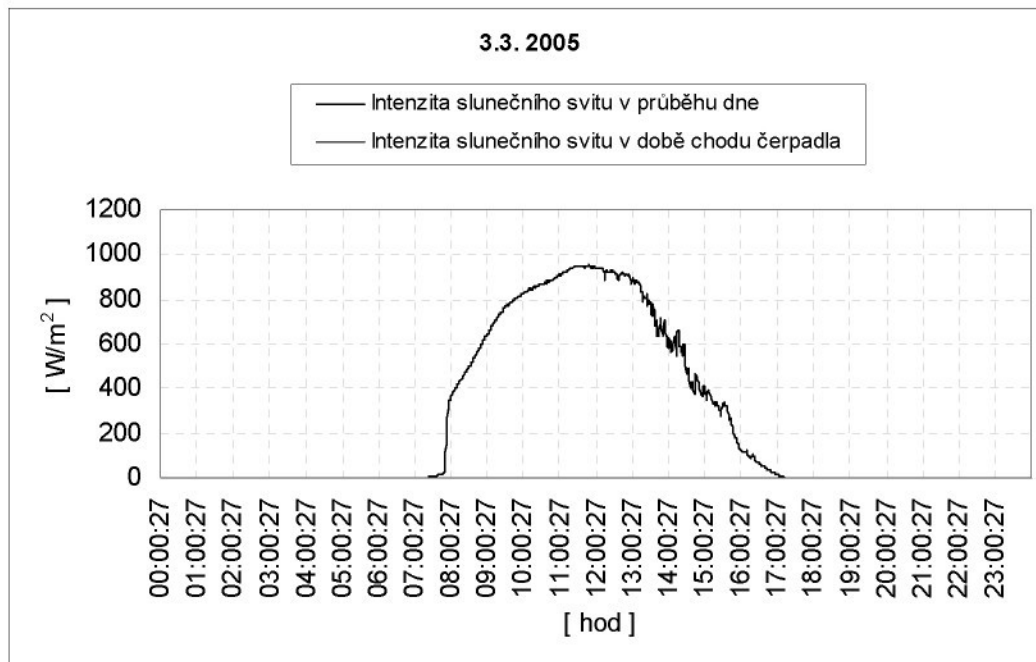


ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04 m² ZE DNE 3.3. 2005

τ	[h]	9,983333	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	566,3051	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	39,80143	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	0	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	0	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	0	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

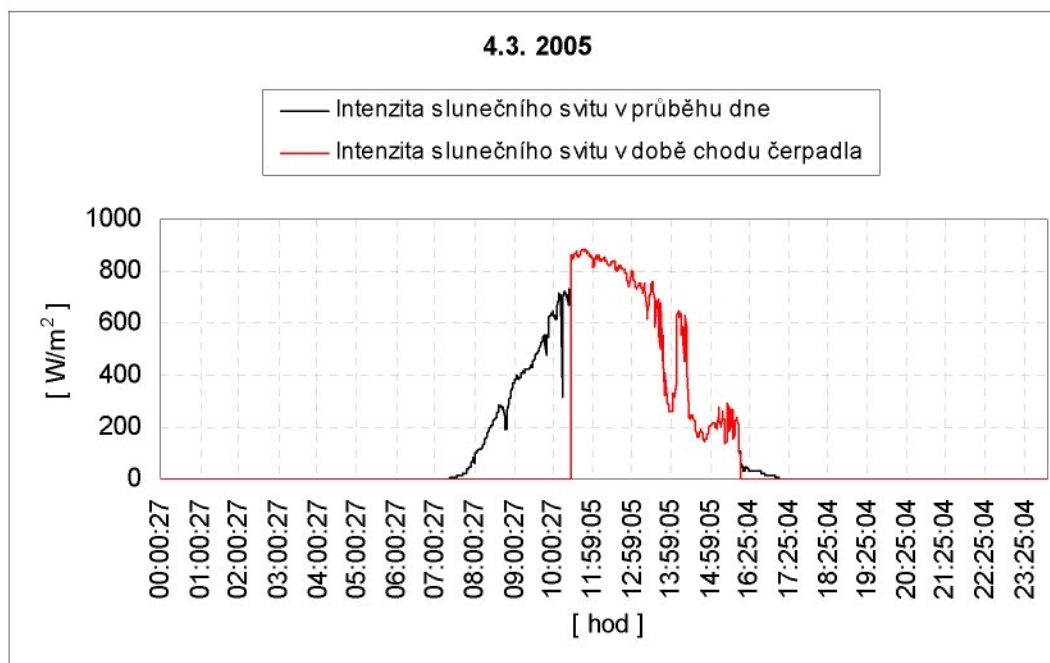


ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04 m² ZE DNE 4.3. 2005 :

τ	[h]	8,533333	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	401,8383	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	24,1403	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	4,316667	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	556,021	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	16,89711	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

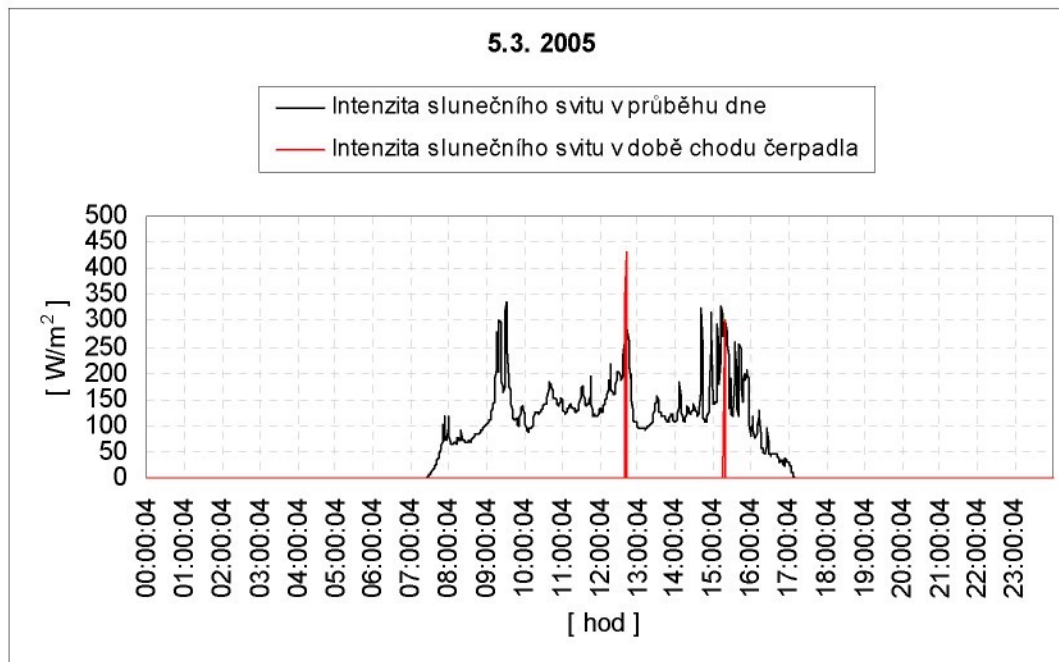


ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04 m² ZE DNE 5.3. 2005

τ	[h]	9,716667	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{\text{stř}}$	[W/m ²]	127,0232	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{\text{den skut}}$	[kWh]	8,689067	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	0,066667	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{\text{stř}}$	[W/m ²]	341,4188	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{\text{den skut}}$	[kWh]	0,160239	- Energie dopadající na kolektorovou plochu



ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04 m² ZE DNE 6.3. 2005

τ	[h]	7,516667	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	88,29911	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	4,672554	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	0	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	0	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	0	- Energie dopadající na kolektorovou plochu



ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04 m² ZE DNE 7.3. 2005

τ	[h]	7,283333	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	65,67391	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	3,367408	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	0	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	0	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	0	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

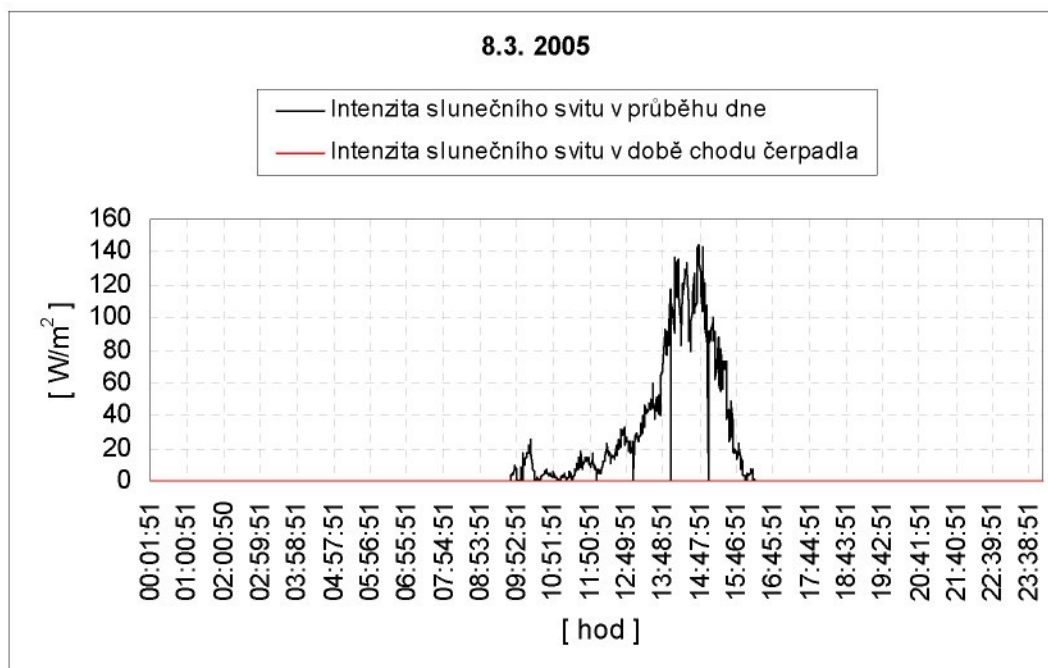


ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04 m² ZE DNE 8.3. 2005

τ	[h]	6,4667	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	38,399	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	1,7481	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	0	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	0	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	0	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

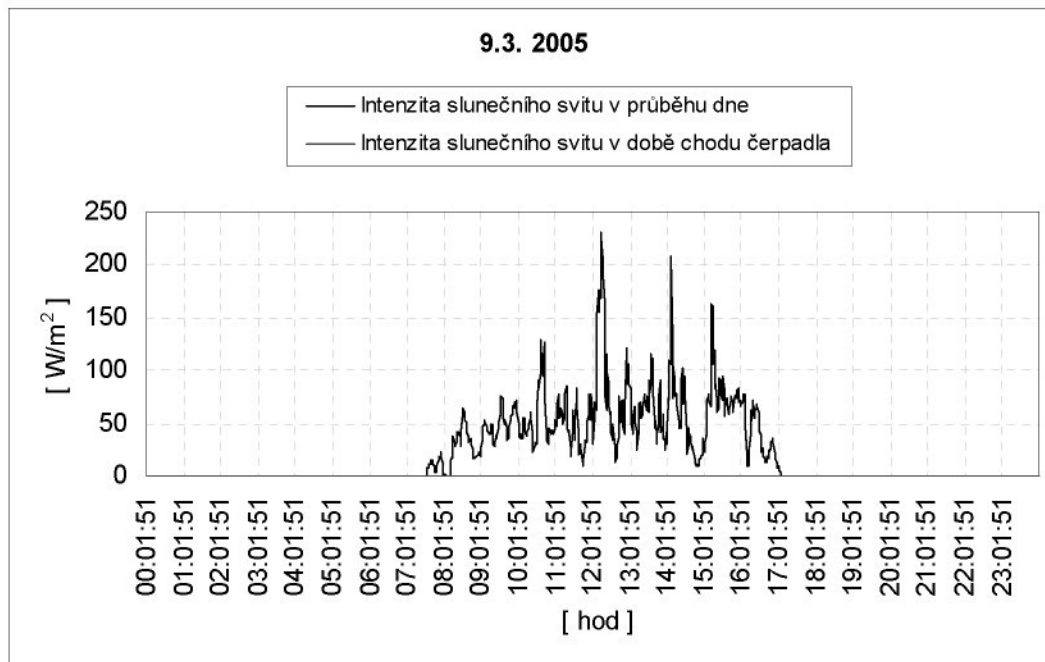


ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04 m² ZE DNE 9.3. 2005

τ	[h]	9,416667	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	53,47088	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	3,544763	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	0	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	0	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	0	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

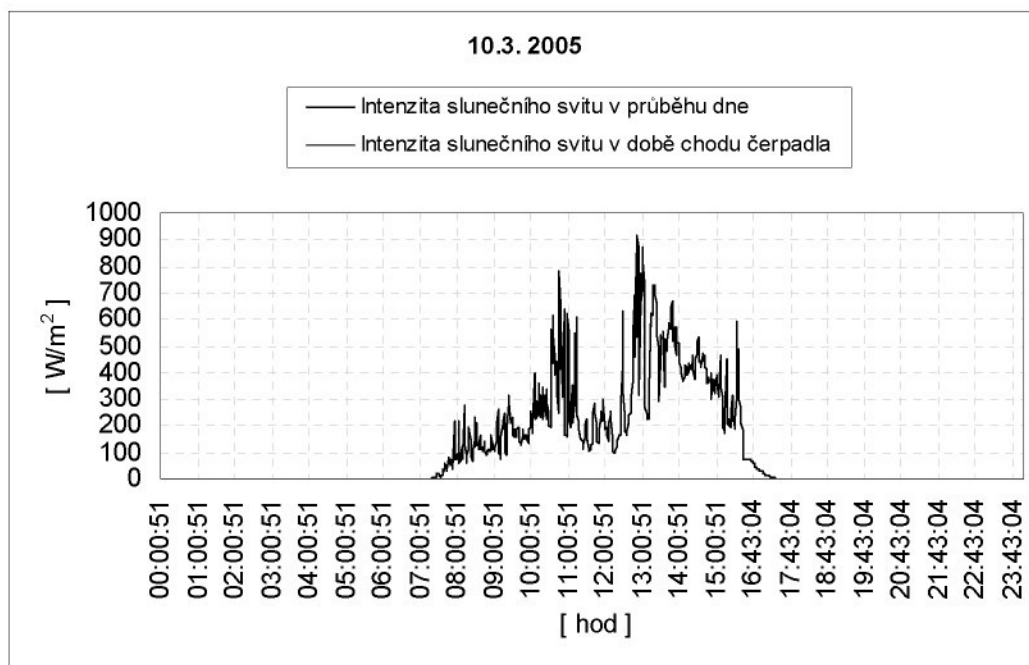


ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04 m² ZE DNE 10.3. 2005:

τ	[h]	9,3	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	256,4603	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	16,79097	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	0	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	0	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	0	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

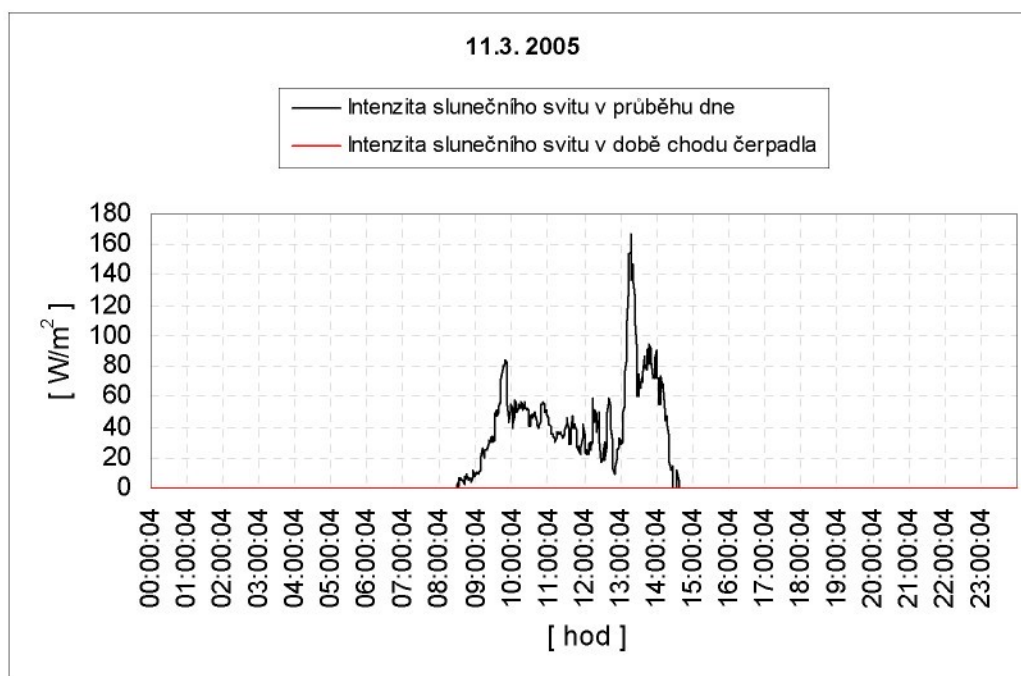


ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04 m² ZE DNE 11.3. 2005

τ	[h]	6,116667	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	44,37057	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	1,910656	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	0	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	0	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	0	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

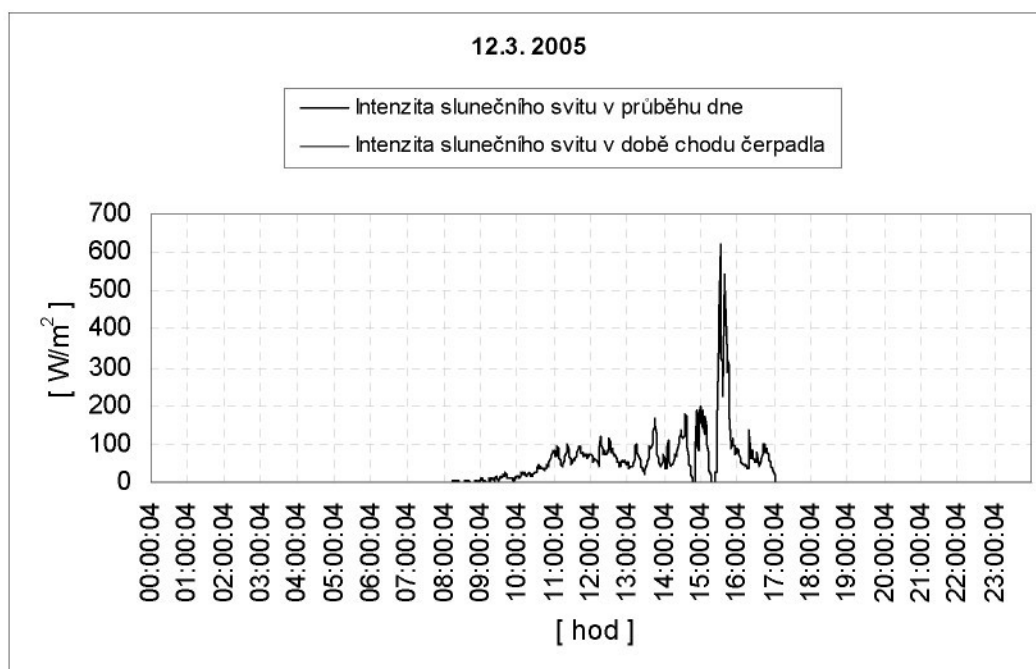


ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04 m² ZE DNE 12.3. 2005

τ	[h]	8,55	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	66,96667	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	4,030858	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	0	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	0	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	0	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

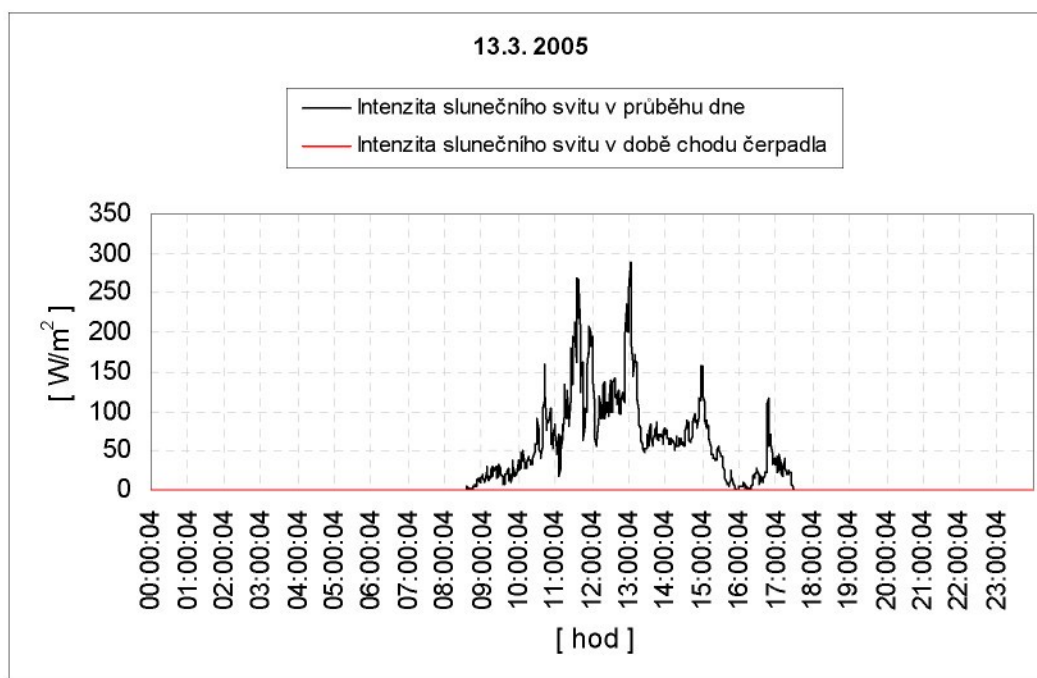


ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04 m² ZE DNE 13.3. 2005

τ	[h]	8,816667	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	66,14291	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	4,105446	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	0	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	0	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	0	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

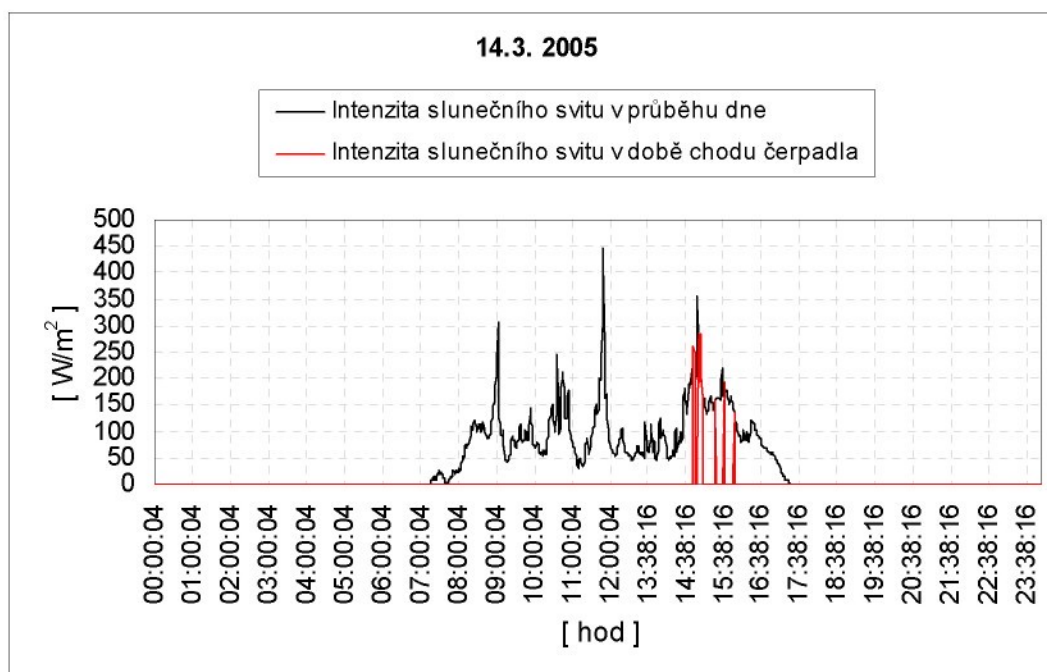


ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04 m² ZE DNE 14.3. 2005

τ	[h]	9,533333	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	94,93086	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	6,371253	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	0,3	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	203,8208	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	0,43047	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

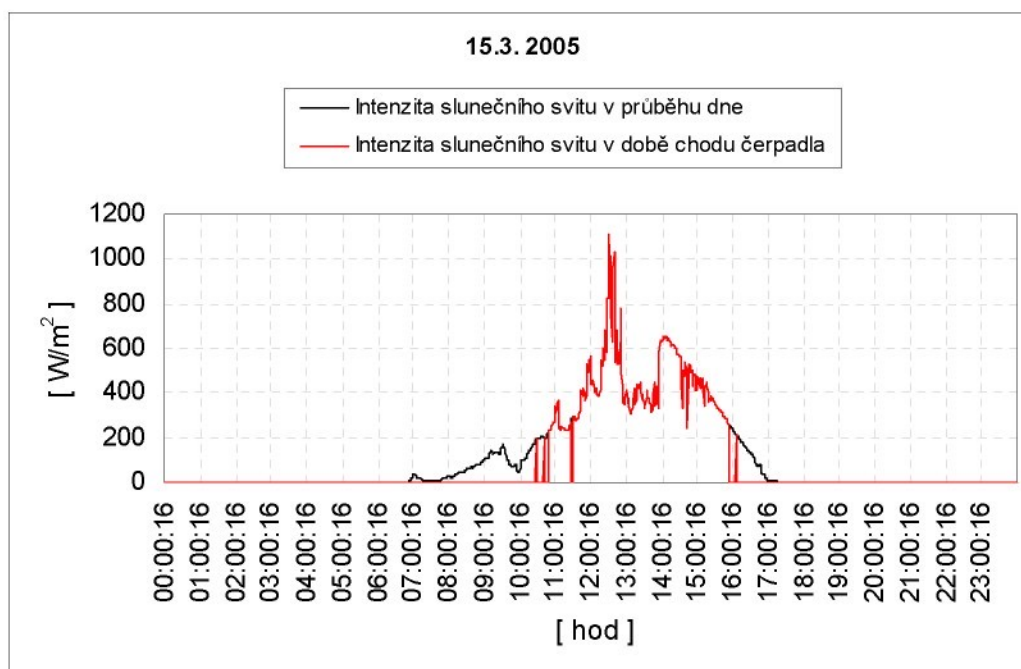


ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04 m² ZE DNE 15.3. 2005

τ	[h]	10,43333	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	256,1121	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	18,8116	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	5,133333	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	431,4166	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	15,59082	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

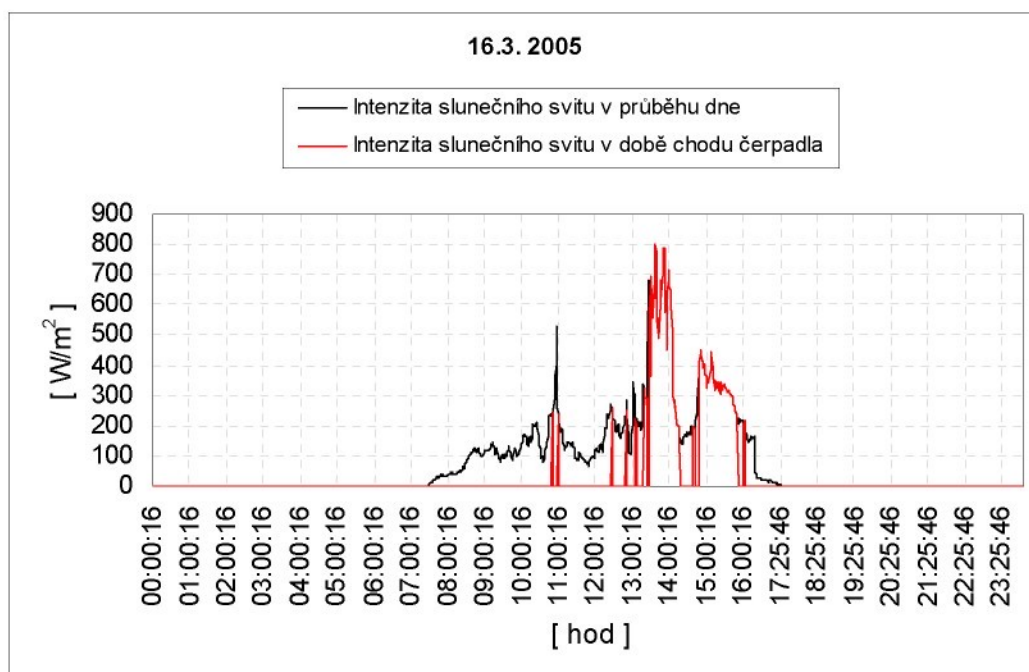


ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04 m² ZE DNE 16.3. 2005

τ	[h]	9,7	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	187,0652	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	12,77431	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	2,216667	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	397,0342	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	6,195851	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

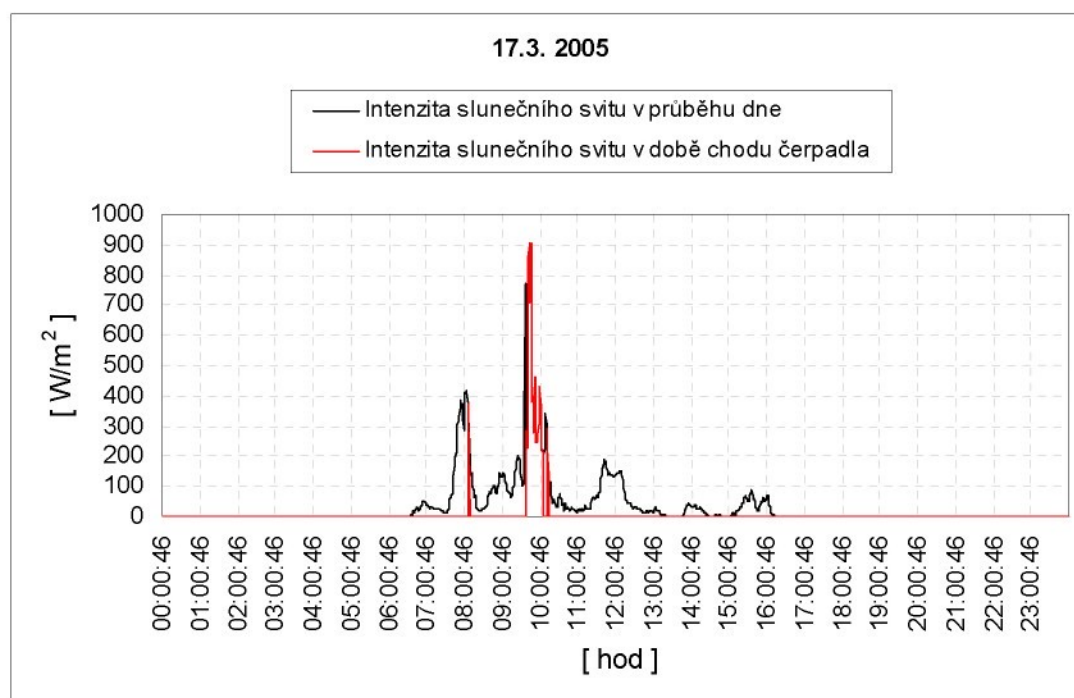


ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04 m² ZE DNE 17.3. 2005

τ	[h]	8,883333	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	90,7469	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	5,67519	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	0,516667	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	415,004	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	1,509508	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

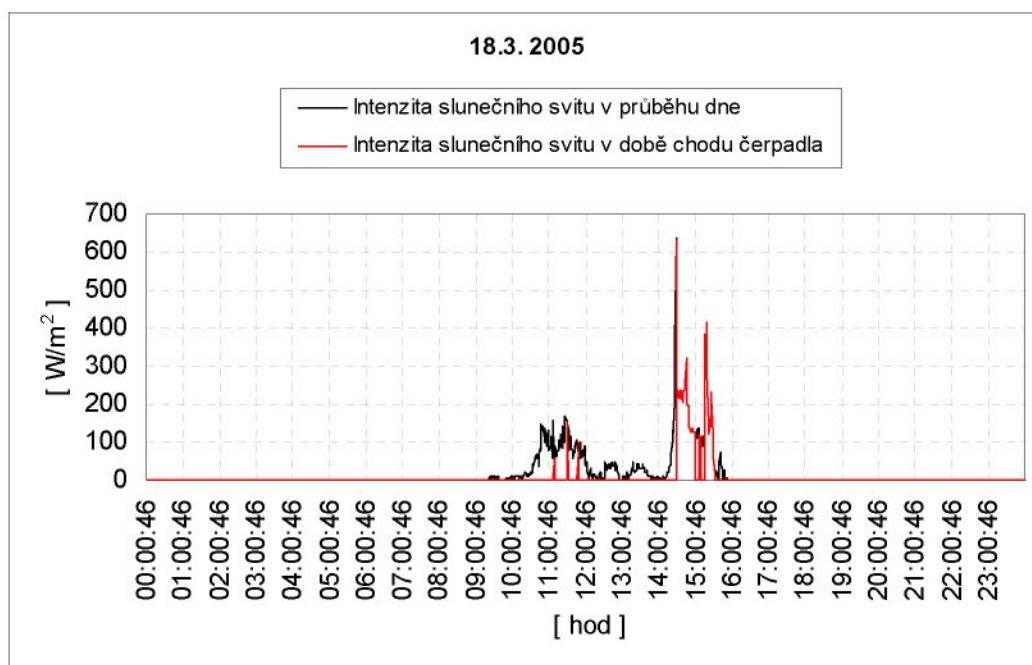


ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04 m² ZE DNE 18.3. 2005

τ	[h]	6,2	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	67,74859	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	2,95709	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	0,883333	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	188,8825	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	1,174598	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

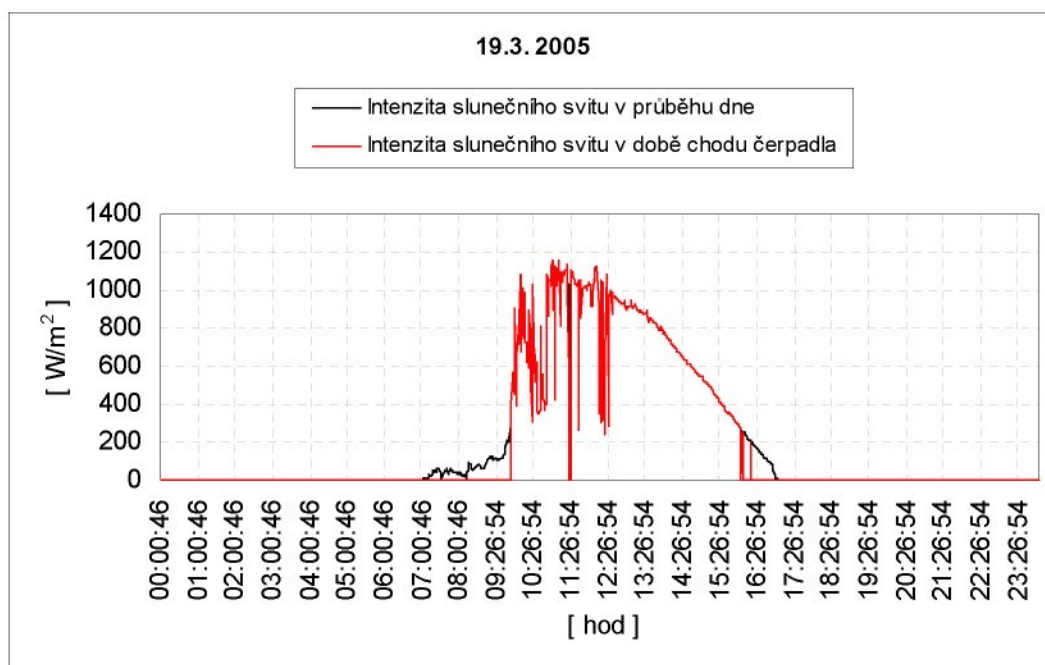


ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04 m² ZE DNE 19.3. 2005

τ	[h]	9,8	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	498,2514	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	34,37536	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	6,166667	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	735,7729	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	31,94235	- Energie dopadající na kolektorovou plochu



Příloha č. 2

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² ZE DNE 20.3. 2005

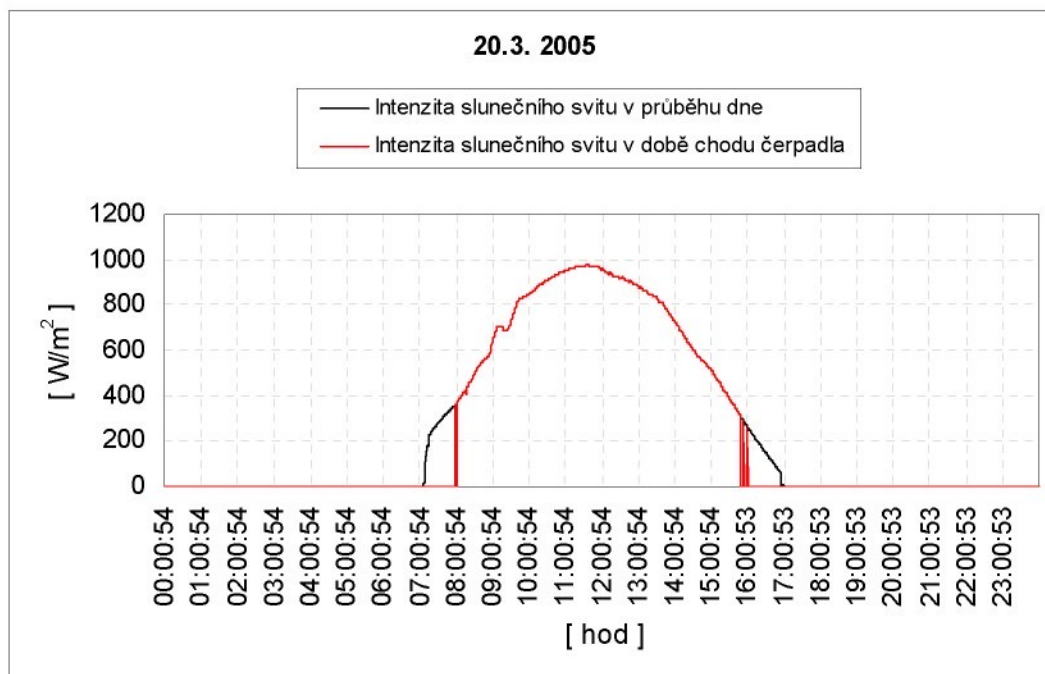
τ	[h]	10,1333	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	616,2173	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	43,9601	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	7,9000	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	738,0527	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	41,0475	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ZACHYCENÁ ENERGIE ZA DEN V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

ρ	[kg/m ³]	1027,7663	- měrná hmotnost
V	[m ³ /s]	0,000132	- objemový průtok
C_p	[J/kgK]	3681,4966	- Měrná tepelná kapacita
Δt	[°C]	16,5918	- rozdíl teplot na absorberu
Q_{kol}	[kWh]	65,4992	- Energie zachycená kolektorovou plochou
$\eta_{skut\ kol}$	[%]	159,5691	- Skutečná účinnost kolektoru



ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² ZE DNE 21.3. 2005

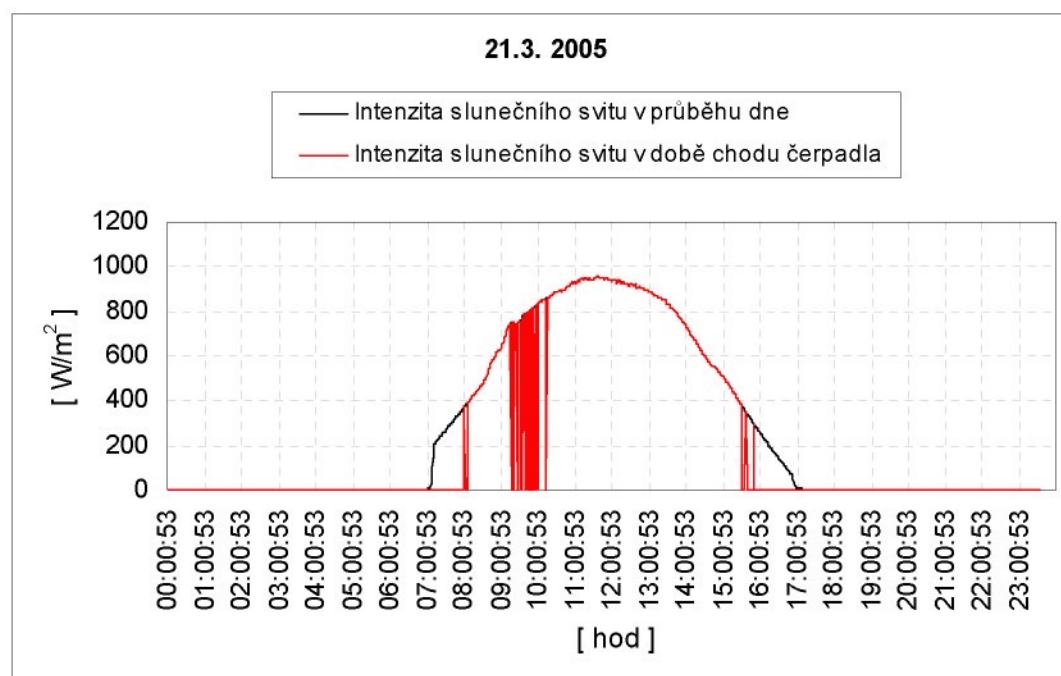
τ	[h]	10,4000	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	595,6971	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	43,6146	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	7,2333	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	749,9184	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	38,1878	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ZACHYCENÁ ENERGIE ZA DEN V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

ρ	[kg/m ³]	1026,1925	- měrná hmotnost
V	[m ³ /s]	0,000132	- objemový průtok
C_p	[J/kgK]	3690,0433	- Měrná tepelná kapacita
Δt	[°C]	16,9724	- rozdíl teplot na absorběru
Q_{kol}	[kWh]	61,4497	- Energie zachycená kolektorovou plochou
$\eta_{skut\ kol}$	[%]	160,9143	- Skutečná účinnost kolektoru



ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² ZE DNE 22.3. 2005

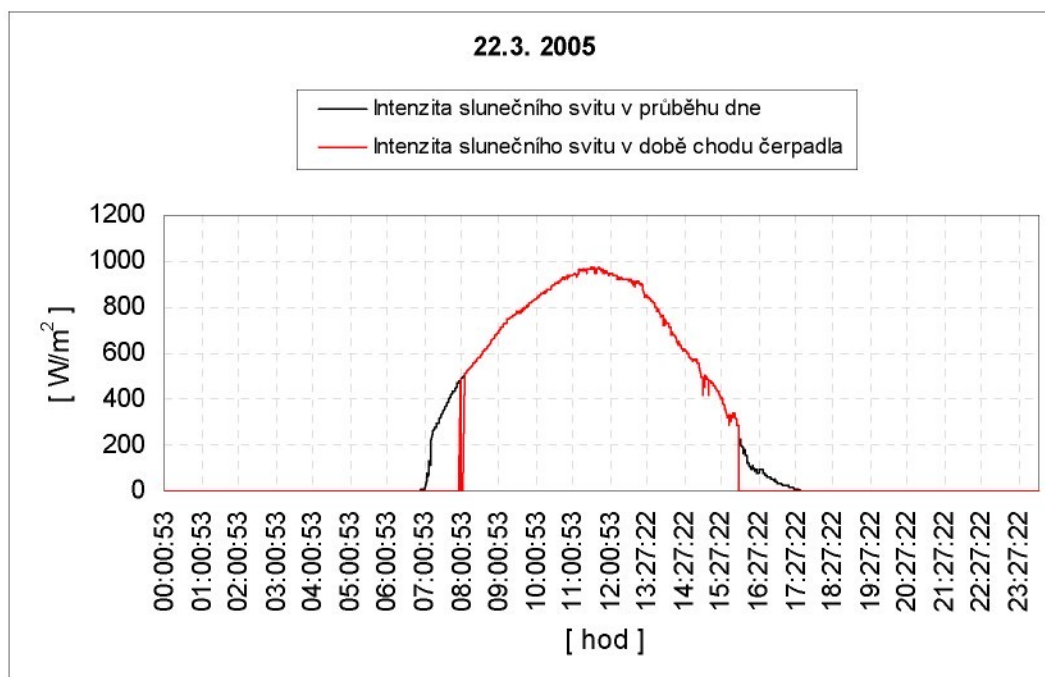
τ	[h]	10,4167	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	572,6789	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	41,9965	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	7,4500	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	740,6339	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	38,8448	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ZACHYCENÁ ENERGIE ZA DEN V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

ρ	[kg/m ³]	1030,8156	- měrná hmotnost
V	[m ³ /s]	0,000132	- objemový průtok
C_p	[J/kgK]	3666,6667	- Měrná tepelná kapacita
Δt	[°C]	17,0555	- rozdíl teplot na absorbéru
Q_{kol}	[kWh]	63,3186	- Energie zachycená kolektorovou plochou
$\eta_{skut\ kol}$	[%]	163,0043	- Skutečná účinnost kolektoru



ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² ZE DNE 23.3. 2005

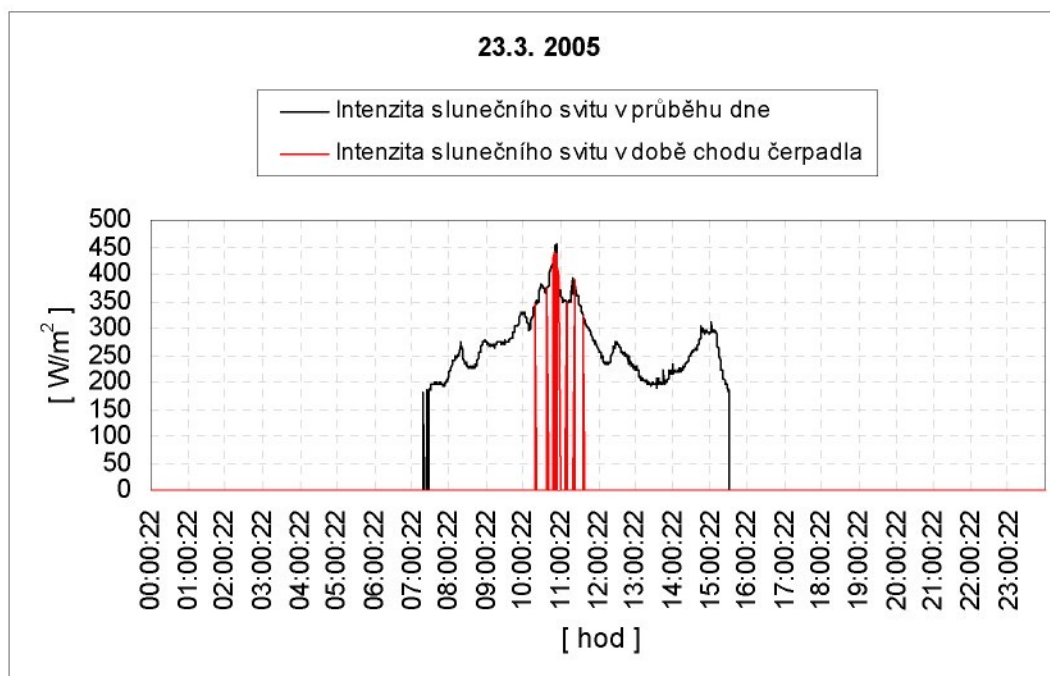
τ	[h]	8,1333	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	267,9572	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	15,3429	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	0,3333	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	381,0488	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	0,8942	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ZACHYCENÁ ENERGIE ZA DEN V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

ρ	[kg/m ³]	1032,0802	- měrná hmotnost
V	[m ³ /s]	0,000132	- objemový průtok
C_p	[J/kgK]	3638,0000	- Měrná tepelná kapacita
Δt	[°C]	6,1300	- rozdíl teplot na absorbéru
Q_{kol}	[kWh]	1,0108	- Energie zachycená kolektorovou plochou
$\eta_{skut\ kol}$	[%]	113,0412	- Skutečná účinnost kolektoru



ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² ZE DNE 24.3. 2005

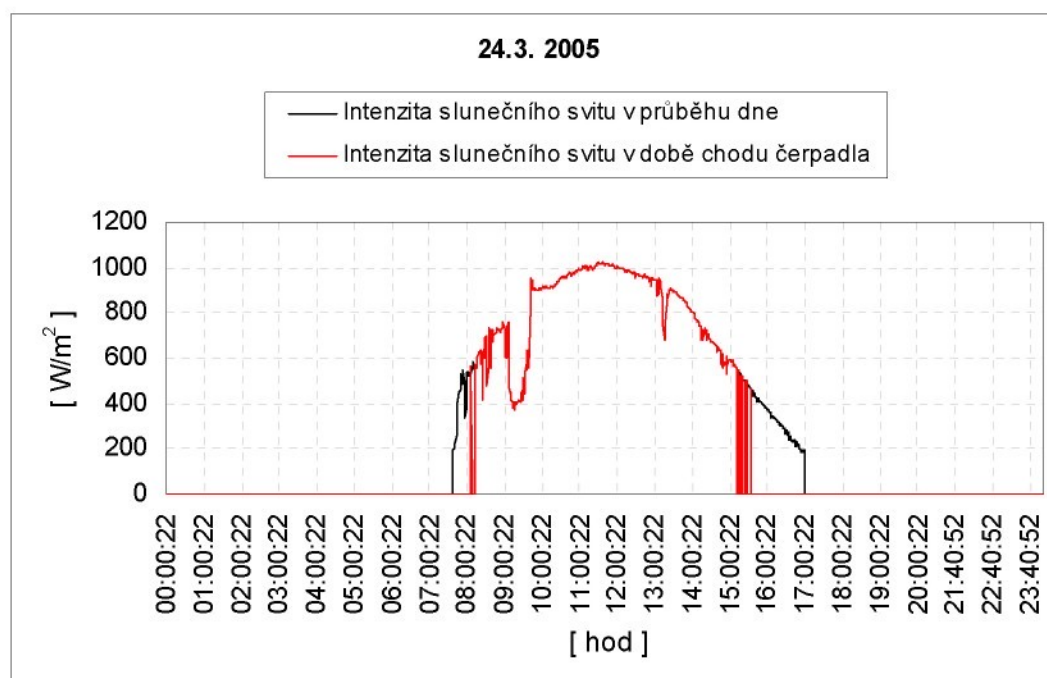
τ	[h]	9,3500	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	708,3428	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	46,6260	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	7,1333	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	813,0887	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	40,8322	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ZACHYCENÁ ENERGIE ZA DEN V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

ρ	[kg/m ³]	1017,6901	- měrná hmotnost
V	[m ³ /s]	0,000133	- objemový průtok
C_p	[J/kgK]	3720,0103	- Měrná tepelná kapacita
Δt	[°C]	12,6650	- rozdíl teplot na absorběru
Q_{kol}	[kWh]	45,4262	- Energie zachycená kolektorovou plochou
$\eta_{skut\ kol}$	[%]	111,2508	- Skutečná účinnost kolektoru



ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² ZE DNE 25.3. 2005

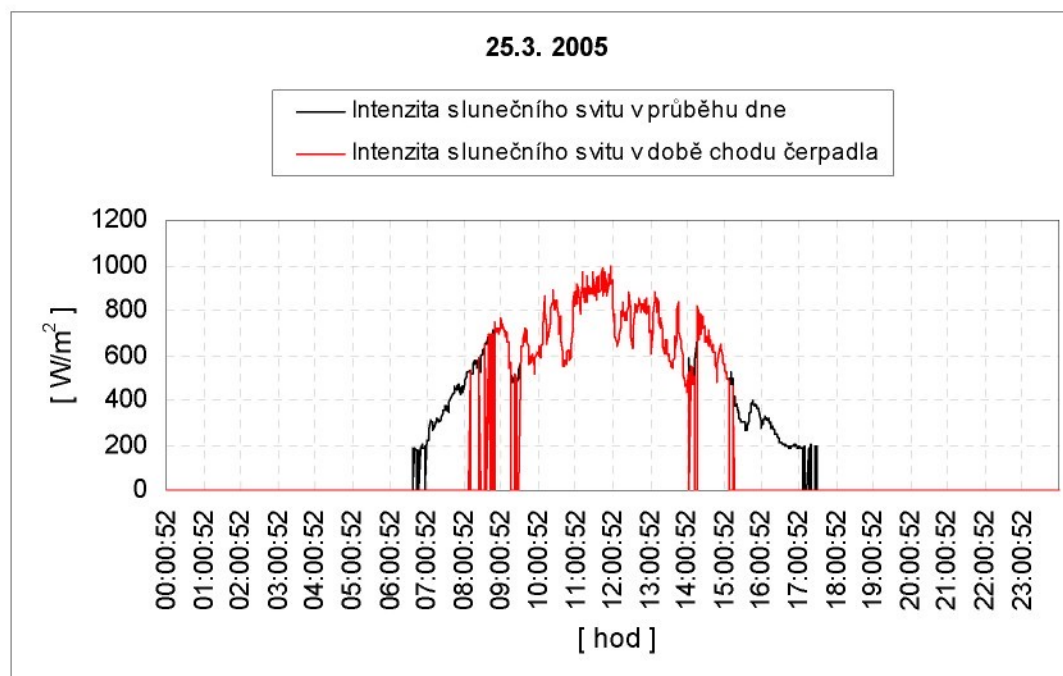
τ	[h]	10,5000	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	568,4793	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	42,0220	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	6,2833	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	712,9940	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	31,5391	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ZACHYCENÁ ENERGIE ZA DEN V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

ρ	[kg/m ³]	1013,4463	- měrná hmotnost
V	[m ³ /s]	0,000133	- objemový průtok
C_p	[J/kgK]	3732,5003	- Měrná tepelná kapacita
Δt	[°C]	1,5849	- rozdíl teplot na absorbéru
Q_{kol}	[kWh]	5,0151	- Energie zachycená kolektorovou plochou
$\eta_{skut\ kol}$	[%]	15,9011	- Skutečná účinnost kolektoru



ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² ZE DNE 26.3. 2005

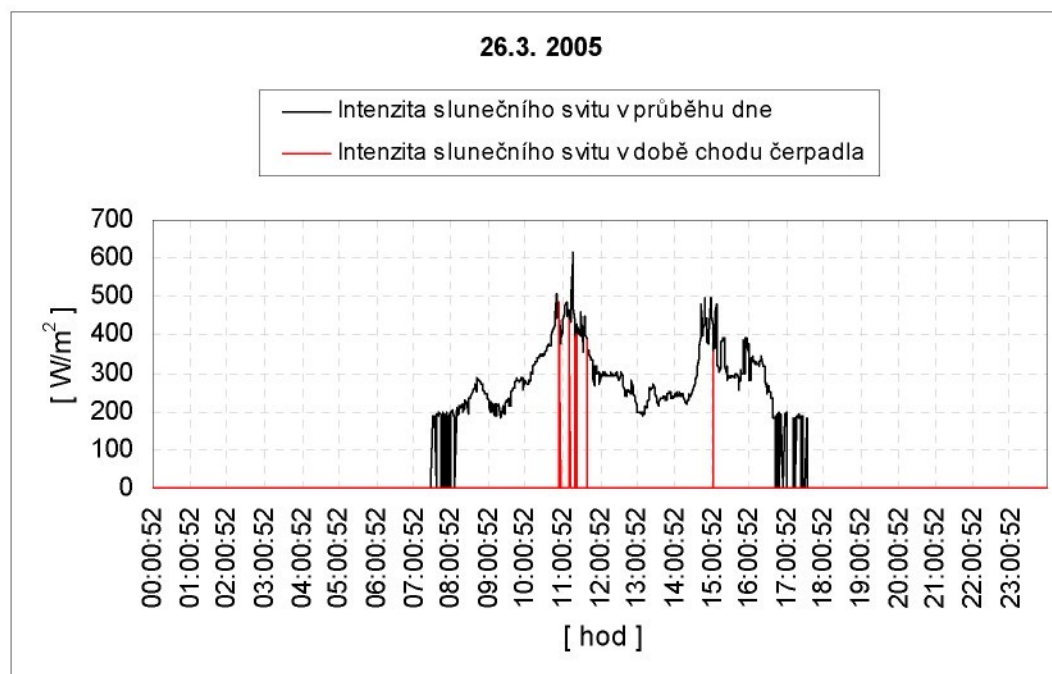
τ	[h]	9,5167	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	287,2891	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	19,2476	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_{ϵ}	[h]	0,1167	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	415,0500	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	0,3409	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ZACHYCENÁ ENERGIE ZA DEN V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

ρ	[kg/m ³]	1034,0945	- měrná hmotnost
V	[m ³ /s]	0,000132	- objemový průtok
C_p	[J/kgK]	3642,9714	- Měrná tepelná kapacita
Δt	[°C]	13,4286	- rozdíl teplot na absorbéru
Q_{kol}	[kWh]	0,7767	- Energie zachycená kolektorovou plochou
$\eta_{skut\ kol}$	[%]	227,8452	- Skutečná účinnost kolektoru



ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² ZE DNE 27.3. 2005

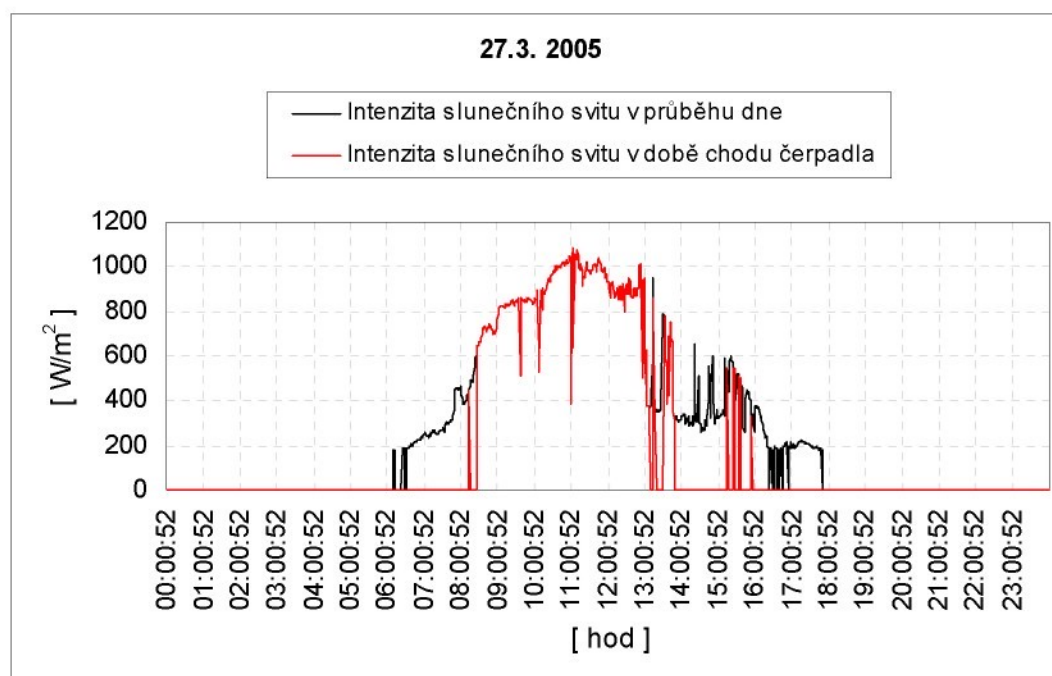
τ	[h]	11,2333	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	559,7430	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	44,2660	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	5,3333	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	832,1346	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	31,2439	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ZACHYCENÁ ENERGIE ZA DEN V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

ρ	[kg/m ³]	1017,0018	- měrná hmotnost
V	[m ³ /s]	0,000133	- objemový průtok
C_p	[J/kgK]	3721,0156	- Měrná tepelná kapacita
Δt	[°C]	4,4659	- rozdíl teplot na absorbéru
Q_{kol}	[kWh]	11,9760	- Energie zachycená kolektorovou plochou
$\eta_{skut\ kol}$	[%]	38,3308	- Skutečná účinnost kolektoru



ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² ZE DNE 28.3. 2005

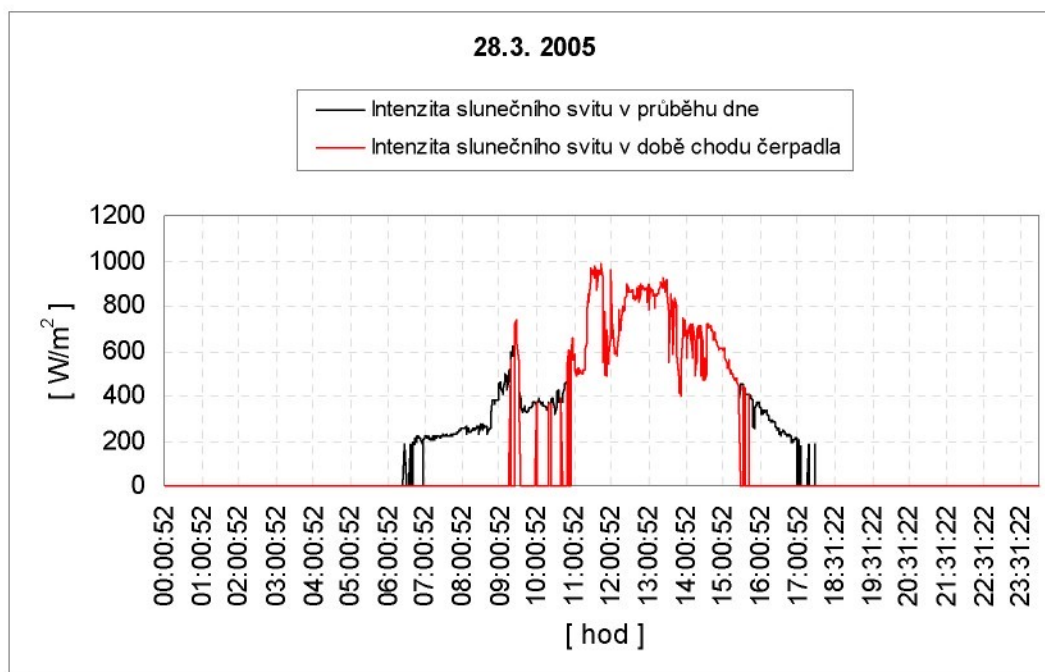
τ	[h]	10,4833	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	486,5381	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	35,9078	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_{ϵ}	[h]	4,8667	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	694,5727	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	23,7970	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ZACHYCENÁ ENERGIE ZA DEN V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

ρ	[kg/m ³]	1015,5373	- měrná hmotnost
V	[m ³ /s]	0,000133	- objemový průtok
C_p	[J/kgK]	3726,8856	- Měrná tepelná kapacita
Δt	[°C]	2,9654	- rozdíl teplot na absorbéru
Q_{kol}	[kWh]	7,2633	- Energie zachycená kolektorovou plochou
$\eta_{skut\ kol}$	[%]	30,5220	- Skutečná účinnost kolektoru



ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² ZE DNE 29.3. 2005

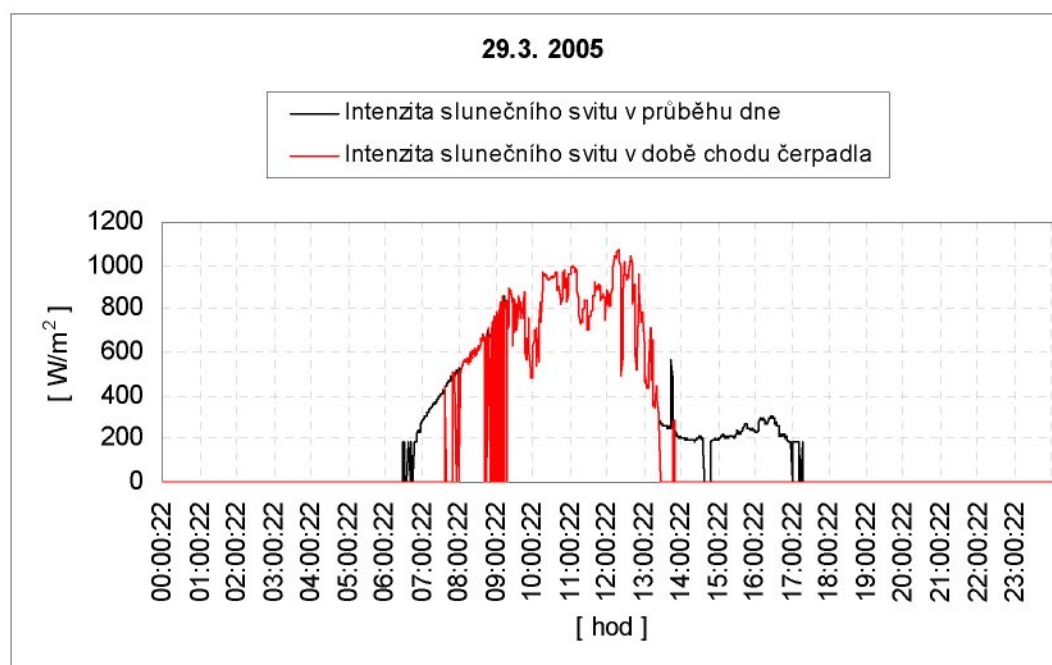
τ	[h]	10,3333	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	526,4586	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	38,2981	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	5,3000	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	757,5276	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	28,2649	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ZACHYCENÁ ENERGIE ZA DEN V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

ρ	[kg/m ³]	1028,3250	- měrná hmotnost
V	[m ³ /s]	0,000132	- objemový průtok
C_p	[J/kgK]	3657,1050	- Měrná tepelná kapacita
Δt	[°C]	0,5248	- rozdíl teplot na absorbéru
Q_{kol}	[kWh]	1,3811	- Energie zachycená kolektorovou plochou
$\eta_{skut\ kol}$	[%]	4,8864	- Skutečná účinnost kolektoru



ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² ZE DNE 30.3. 2005

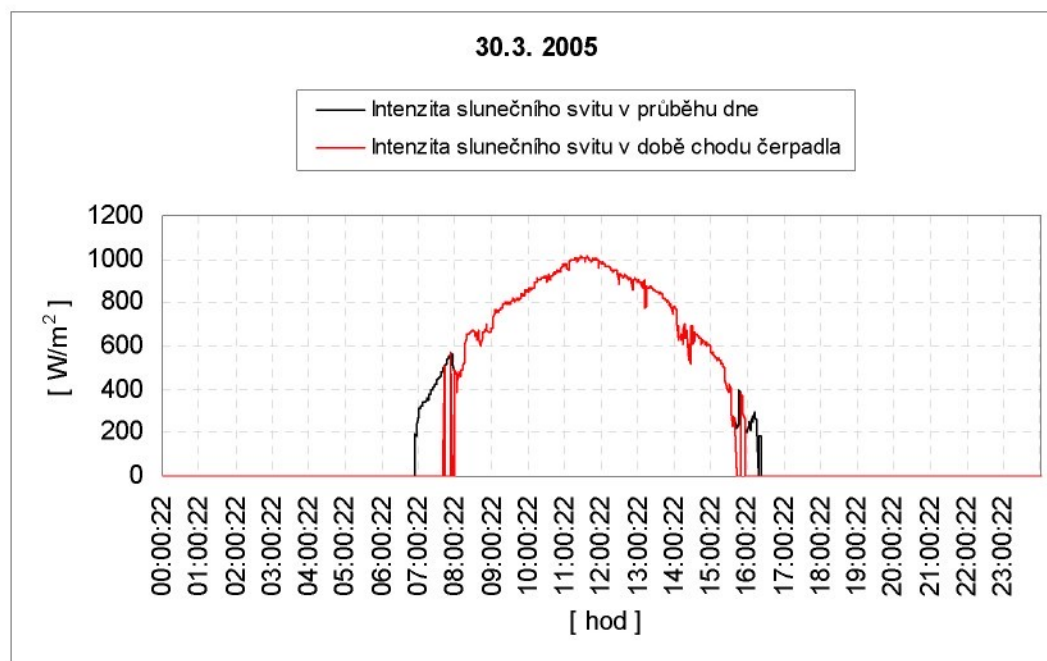
τ	[h]	9,4333	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	707,8264	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	47,0072	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	7,8833	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	778,3616	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	43,1980	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ZACHYCENÁ ENERGIE ZA DEN V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

ρ	[kg/m ³]	1027,2212	- měrná hmotnost
V	[m ³ /s]	0,000132	- objemový průtok
C_p	[J/kgK]	3661,7066	- Měrná tepelná kapacita
Δt	[°C]	3,4469	- rozdíl teplot na absorběru
Q_{kol}	[kWh]	13,5027	- Energie zachycená kolektorovou plochou
$\eta_{skut\ kol}$	[%]	31,2576	- Skutečná účinnost kolektoru



ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² ZE DNE 31.3. 2005

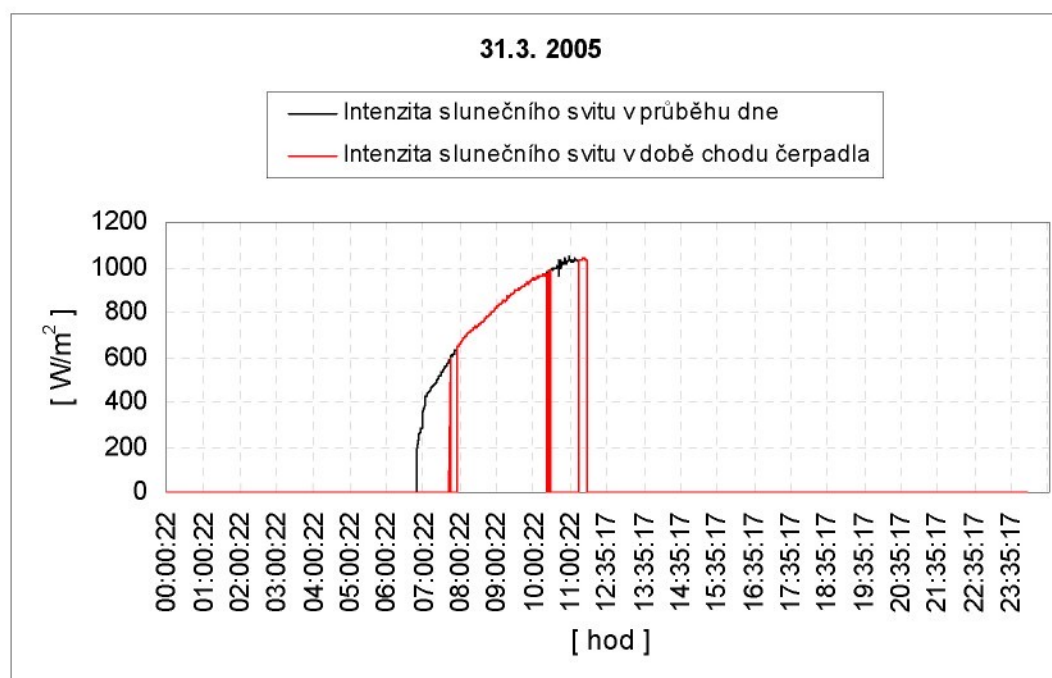
τ	[h]	4,6333	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	792,1187	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	25,8379	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	2,8000	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	849,0071	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	16,7356	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ZACHYCENÁ ENERGIE ZA DEN V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

ρ	[kg/m ³]	1024,4693	- měrná hmotnost
V	[m ³ /s]	0,000132	- objemový průtok
C_p	[J/kgK]	3702,4000	- Měrná tepelná kapacita
Δt	[°C]	5,4119	- rozdíl teplot na absorbéru
Q_{kol}	[kWh]	7,6048	- Energie zachycená kolektorovou plochou
$\eta_{skut\ kol}$	[%]	45,4408	- Skutečná účinnost kolektoru



ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² ZE DNE 1.4. 2005

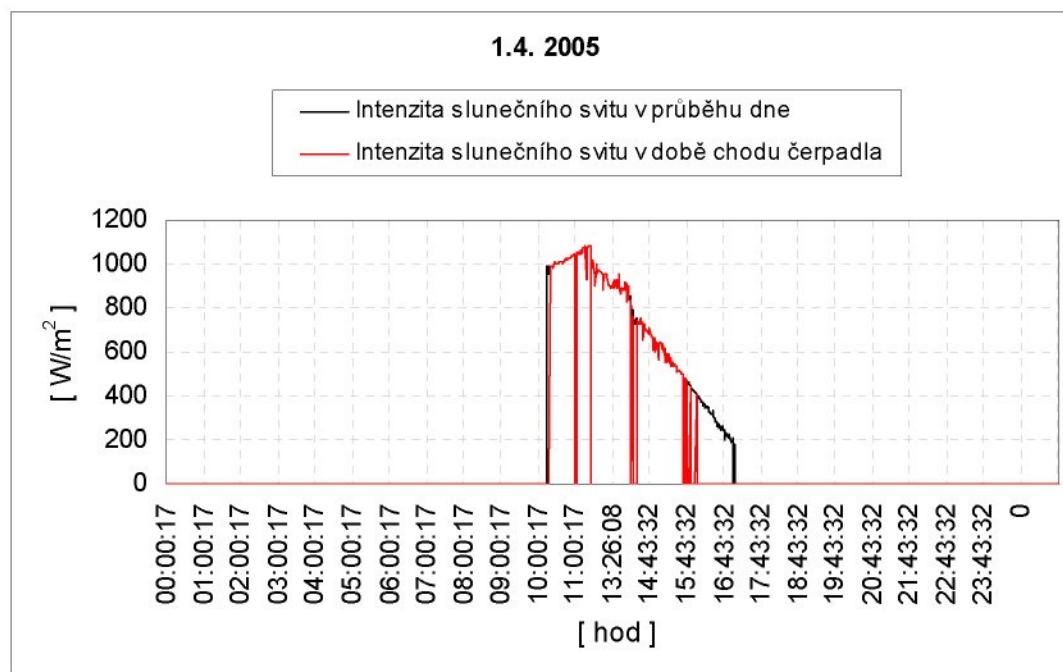
τ	[h]	5,0000	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	704,1625	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	24,7865	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	3,5000	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	831,3743	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	20,4851	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ZACHYCENÁ ENERGIE ZA DEN V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

ρ	[kg/m ³]	1016,4973	- měrná hmotnost
V	[m ³ /s]	0,000133	- objemový průtok
C_p	[J/kgK]	3714,0162	- Měrná tepelná kapacita
Δt	[°C]	6,5338	- rozdíl teplot na absorběru
Q_{kol}	[kWh]	11,4743	- Energie zachycená kolektorovou plochou
$\eta_{skut\ kol}$	[%]	56,0131	- Skutečná účinnost kolektoru



ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² ZE DNE 2.4. 2005

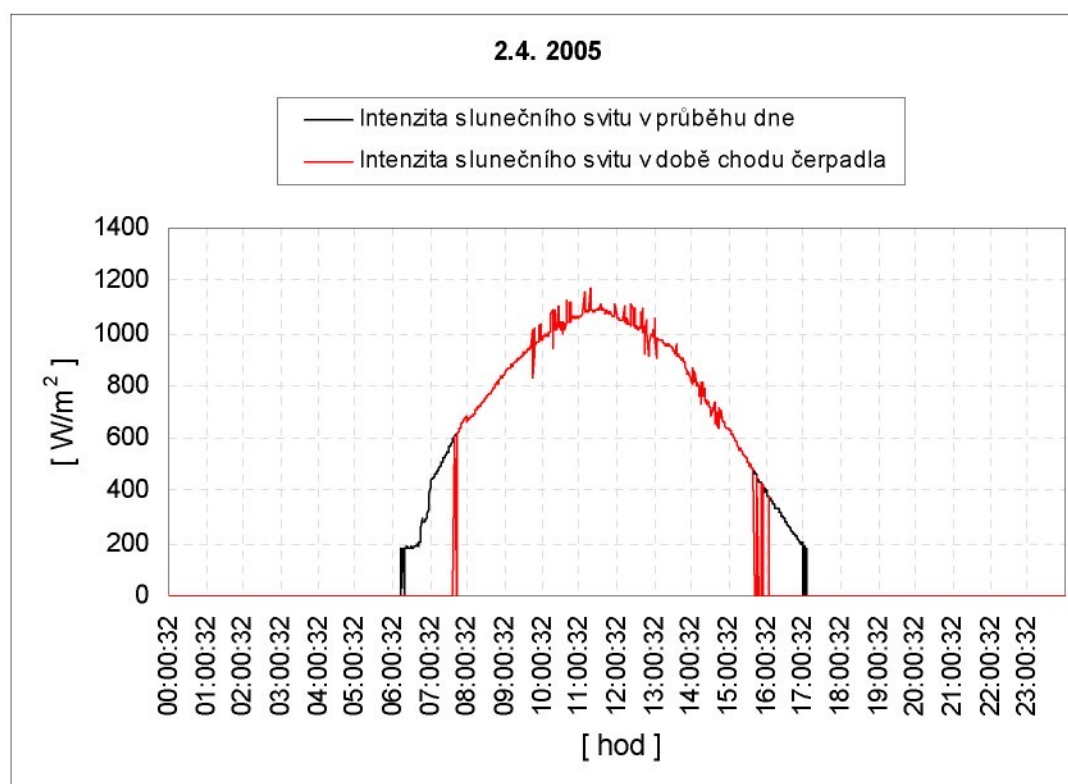
τ	[h]	10,7833	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	744,0755	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	56,4862	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	8,1000	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	877,9758	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	50,0657	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ZACHYCENÁ ENERGIE ZA DEN V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

ρ	[kg/m ³]	1024,7900	- měrná hmotnost
V	[m ³ /s]	0,000132	- objemový průtok
C_p	[J/kgK]	3675,9691	- Měrná tepelná kapacita
Δt	[°C]	6,2512	- rozdíl teplot na absorberu
Q_{kol}	[kWh]	25,2335	- Energie zachycená kolektorovou plochou
$\eta_{skut\ kol}$	[%]	50,4008	- Skutečná účinnost kolektoru



ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² ZE DNE 3.4. 2005

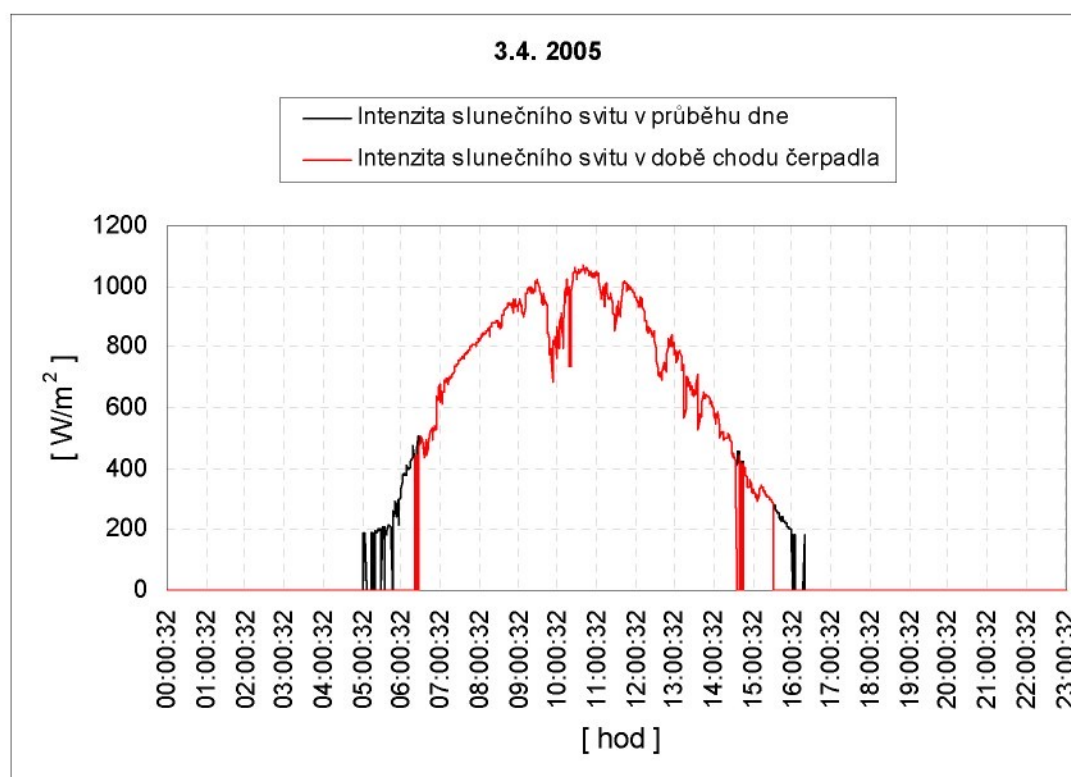
τ	[h]	10,7833	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	686,2026	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	52,0928	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	9,0333	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	765,1720	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	48,6609	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ZACHYCENÁ ENERGIE ZA DEN V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

ρ	[kg/m ³]	1024,9588	- měrná hmotnost
V	[m ³ /s]	0,000132	- objemový průtok
C_p	[J/kgK]	3671,8908	- Měrná tepelná kapacita
Δt	[°C]	4,7509	- rozdíl teplot na absorběru
Q_{kol}	[kWh]	21,3649	- Energie zachycená kolektorovou plochou
$\eta_{skut\ kol}$	[%]	43,9057	- Skutečná účinnost kolektoru



ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² ZE DNE 4.4. 2005

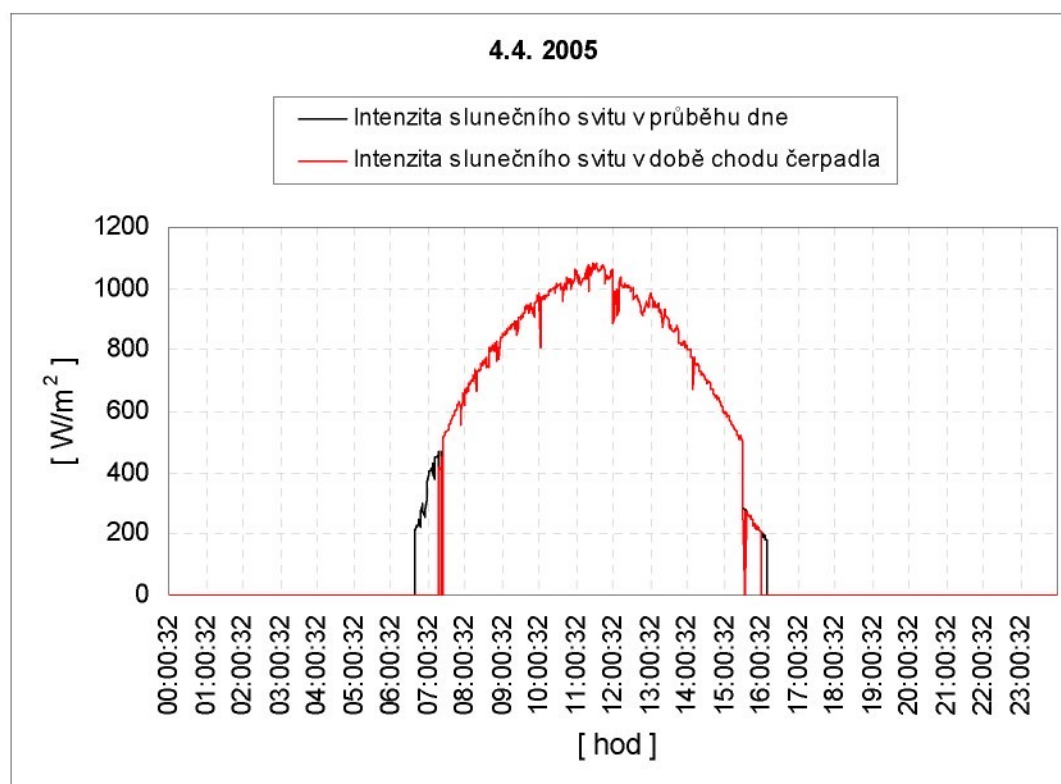
τ	[h]	9,5000	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	768,7672	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	51,4152	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	8,6167	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	815,0710	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	49,4433	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ZACHYCENÁ ENERGIE ZA DEN V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

ρ	[kg/m ³]	1025,8464	- měrná hmotnost
V	[m ³ /s]	0,000132	- objemový průtok
C_p	[J/kgK]	3669,5443	- Měrná tepelná kapacita
Δt	[°C]	5,4685	- rozdíl teplot na absorbéru
Q_{kol}	[kWh]	23,4511	- Energie zachycená kolektorovou plochou
$\eta_{skut\ kol}$	[%]	47,4303	- Skutečná účinnost kolektoru



ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² ZE DNE 5.4. 2005

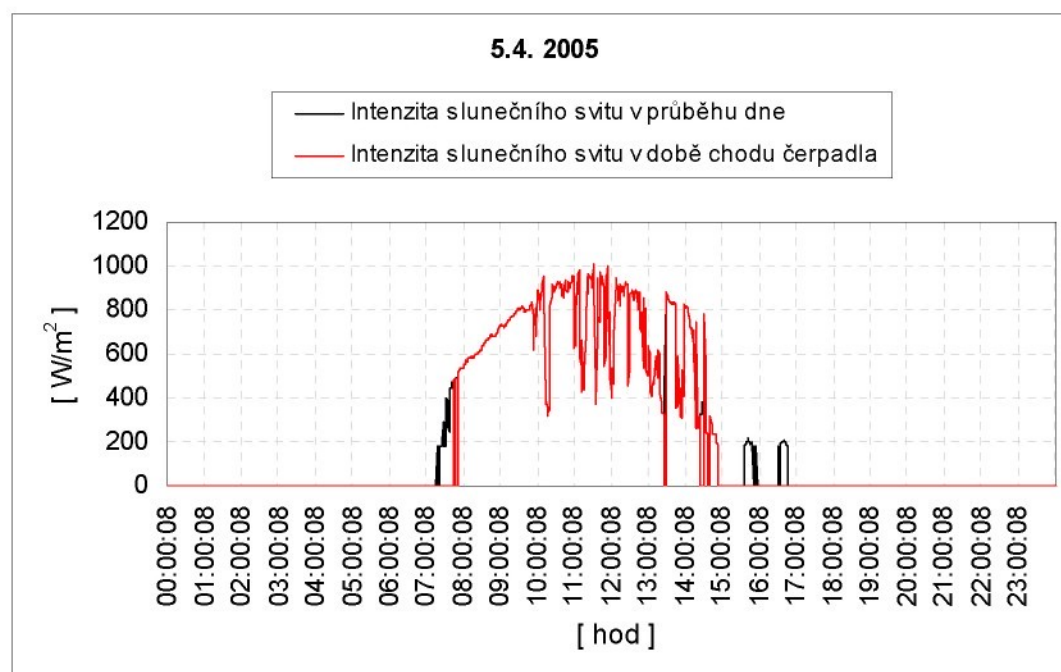
τ	[h]	8,083333	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	634,5093	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	36,10781	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	6,9	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	696,7111	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	33,84344	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ZACHYCENÁ ENERGIE ZA DEN V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

ρ	[kg/m ³]	1022,689	- měrná hmotnost
V	[m ³ /s]	0,000132	- objemový průtok
C_p	[J/kgK]	3681,37	- Měrná tepelná kapacita
Δt	[°C]	3,992754	- rozdíl teplot na absorbéru
Q_{kol}	[kWh]	13,73743	- Energie zachycená kolektorovou plochou
$\eta_{skut\ kol}$	[%]	40,59112	- Skutečná účinnost kolektoru



ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² ZE DNE 6.4. 2005

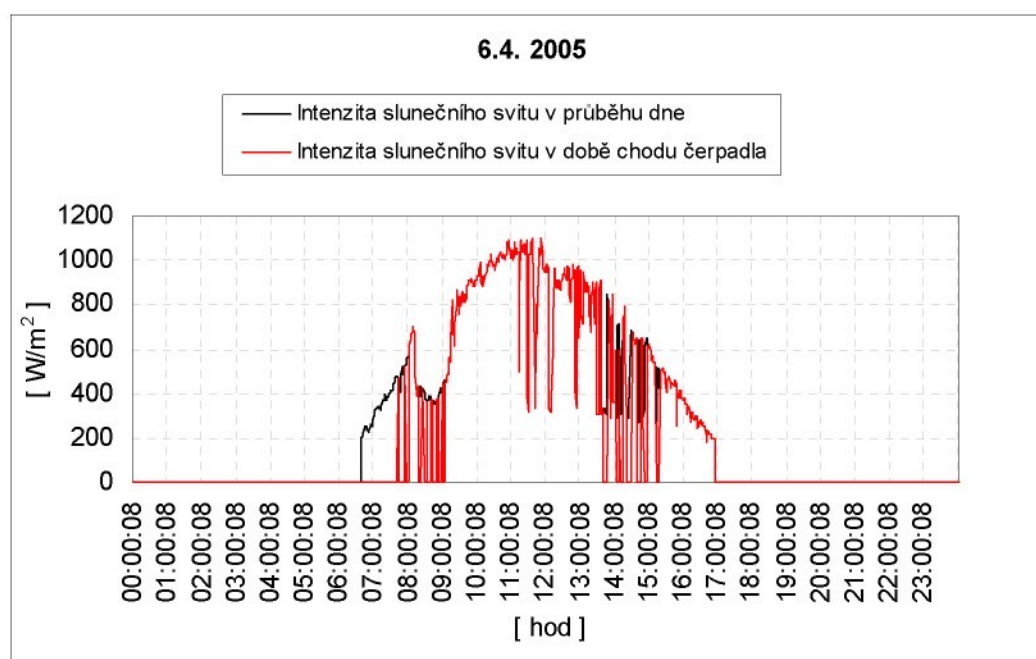
τ	[h]	10,3	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	619,8074	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	44,94347	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	7,666667	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	696,0996	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	37,57082	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ZACHYCENÁ ENERGIE ZA DEN V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

ρ	[kg/m ³]	1013,291	- měrná hmotnost
V	[m ³ /s]	0,000133	- objemový průtok
C_p	[J/kgK]	3721,453	- Měrná tepelná kapacita
Δt	[°C]	4,247826	- rozdíl teplot na absorbéru
Q_{kol}	[kWh]	16,35113	- Energie zachycená kolektorovou plochou
$\eta_{skut\ kol}$	[%]	43,52083	- Skutečná účinnost kolektoru



ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² ZE DNE 7.4. 2005

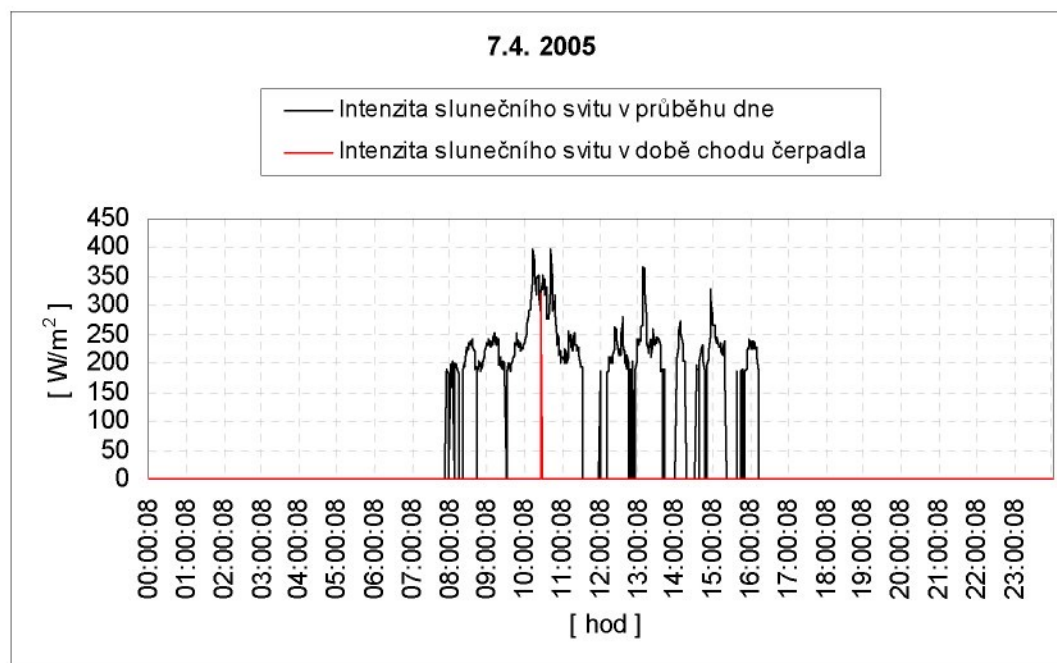
τ	[h]	6,25	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	234,5858	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	10,32178	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	0,016667	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	320,325	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	0,037585	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ZACHYCENÁ ENERGIE ZA DEN V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

ρ	[kg/m ³]	1024,548	- měrná hmotnost
V	[m ³ /s]	0,000132	- objemový průtok
C_p	[J/kgK]	3614,4	- Měrná tepelná kapacita
Δt	[°C]	26	- rozdíl teplot na absorbéru
Q_{kol}	[kWh]	0,212309	- Energie zachycená kolektorovou plochou
$\eta_{skut\ kol}$	[%]	564,881	- Skutečná účinnost kolektoru



ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² ZE DNE 8.4. 2005

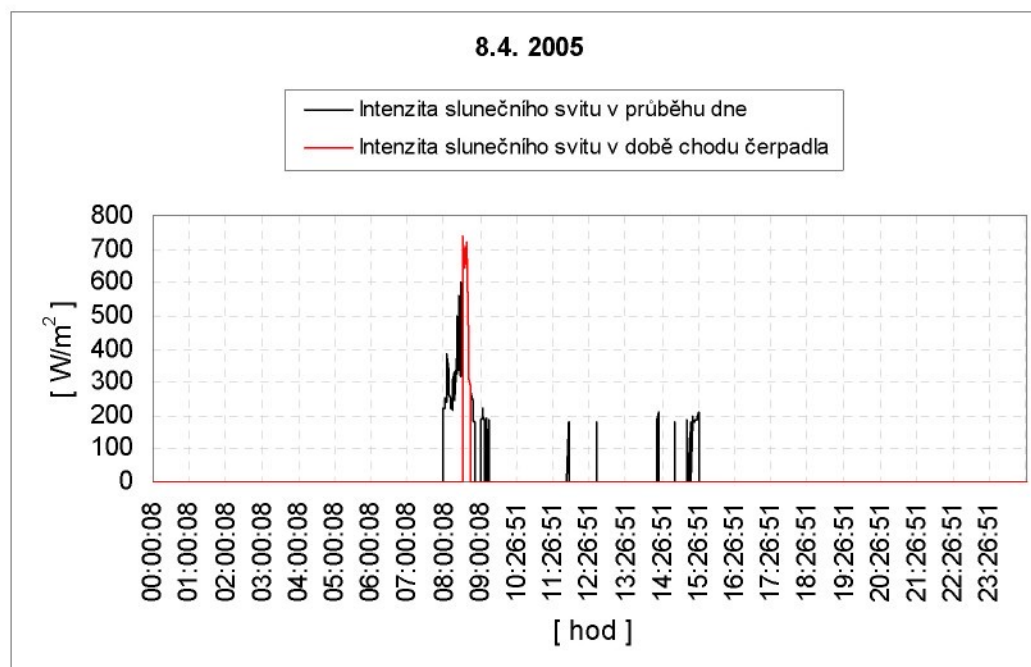
τ	[h]	1,366667	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	306,0375	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	2,944489	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	0,2	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	574,0813	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	0,808306	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ZACHYCENÁ ENERGIE ZA DEN V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

ρ	[kg/m ³]	1027,134	- měrná hmotnost
V	[m ³ /s]	0,000132	- objemový průtok
C_p	[J/kgK]	3645,15	- Měrná tepelná kapacita
Δt	[°C]	4,025	- rozdíl teplot na absorbéru
Q_{kol}	[kWh]	0,398189	- Energie zachycená kolektorovou plochou
$\eta_{skut\ kol}$	[%]	49,26211	- Skutečná účinnost kolektoru



ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² ZE DNE 9.4. 2005

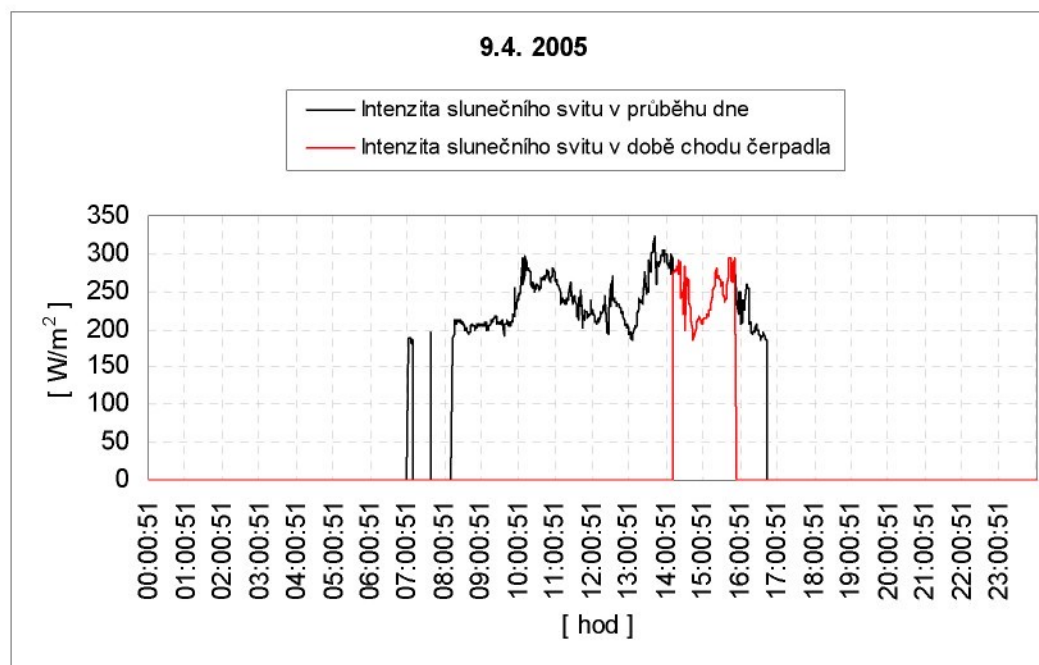
τ	[h]	8,6833	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	234,4670	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	14,3331	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	1,6833	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	246,6698	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	2,9232	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ZACHYCENÁ ENERGIE ZA DEN V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

ρ	[kg/m ³]	1031,3120	- měrná hmotnost
V	[m ³ /s]	0,000132	- objemový průtok
C_p	[J/kgK]	3625,8198	- Měrná tepelná kapacita
Δt	[°C]	-0,4762	- rozdíl teplot na absorbéru
Q_{kol}	[kWh]	-0,3951	- Energie zachycená kolektorovou plochou
$\eta_{skut\ kol}$	[%]	-13,5167	- Skutečná účinnost kolektoru



ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² ZE DNE 10.4 2005

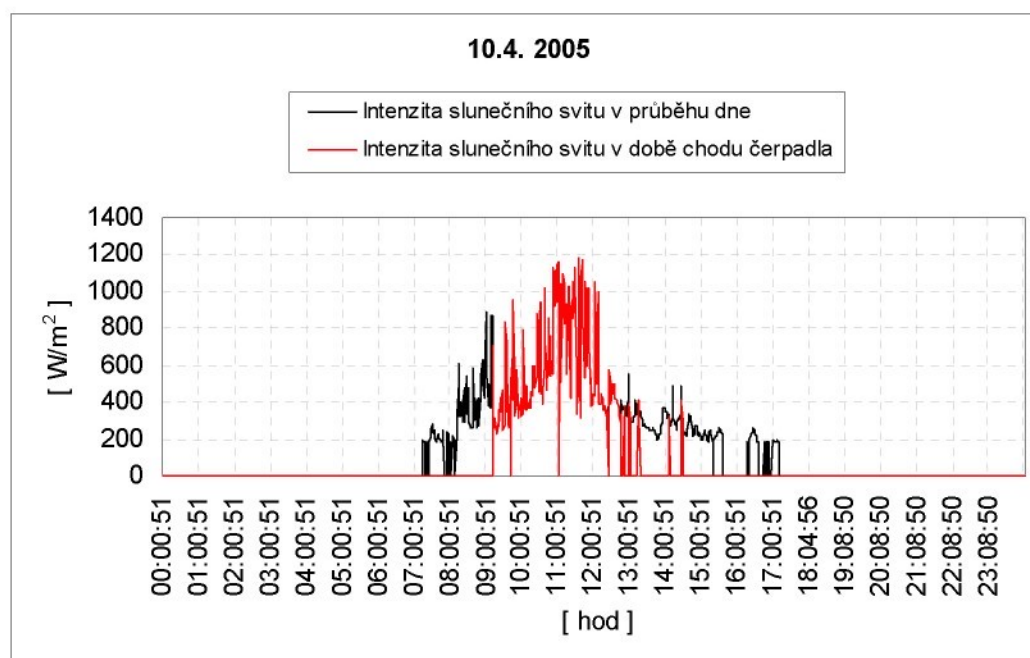
τ	[h]	8,6500	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	418,0007	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	25,4546	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	3,7000	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	581,2179	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	15,1396	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ZACHYCENÁ ENERGIE ZA DEN V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

ρ	[kg/m ³]	1026,4714	- měrná hmotnost
V	[m ³ /s]	0,000132	- objemový průtok
C_p	[J/kgK]	3660,0685	- Měrná tepelná kapacita
Δt	[°C]	3,2198	- rozdíl teplot na absorbéru
Q_{kol}	[kWh]	5,9154	- Energie zachycená kolektorovou plochou
$\eta_{skut\ kol}$	[%]	39,0722	- Skutečná účinnost kolektoru



ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² ZE DNE 11.4. 2005

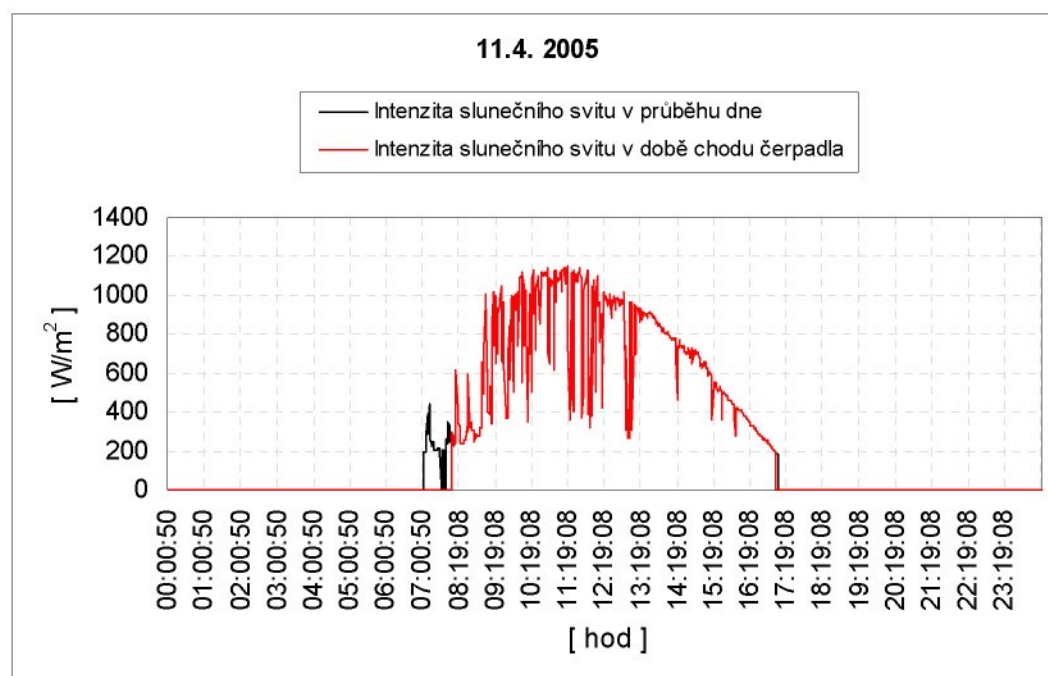
τ	[h]	9,6833	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	654,8555	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	44,6419	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	8,9000	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	690,9239	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	43,2905	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ZACHYCENÁ ENERGIE ZA DEN V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

ρ	[kg/m ³]	1018,4908	- měrná hmotnost
V	[m ³ /s]	0,000133	- objemový průtok
C_p	[J/kgK]	3702,8760	- Měrná tepelná kapacita
Δt	[°C]	4,9129	- rozdíl teplot na absorbéru
Q_{kol}	[kWh]	21,8918	- Energie zachycená kolektorovou plochou
$\eta_{skut\ kol}$	[%]	50,5694	- Skutečná účinnost kolektoru



ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² ZE DNE 12.4. 2005

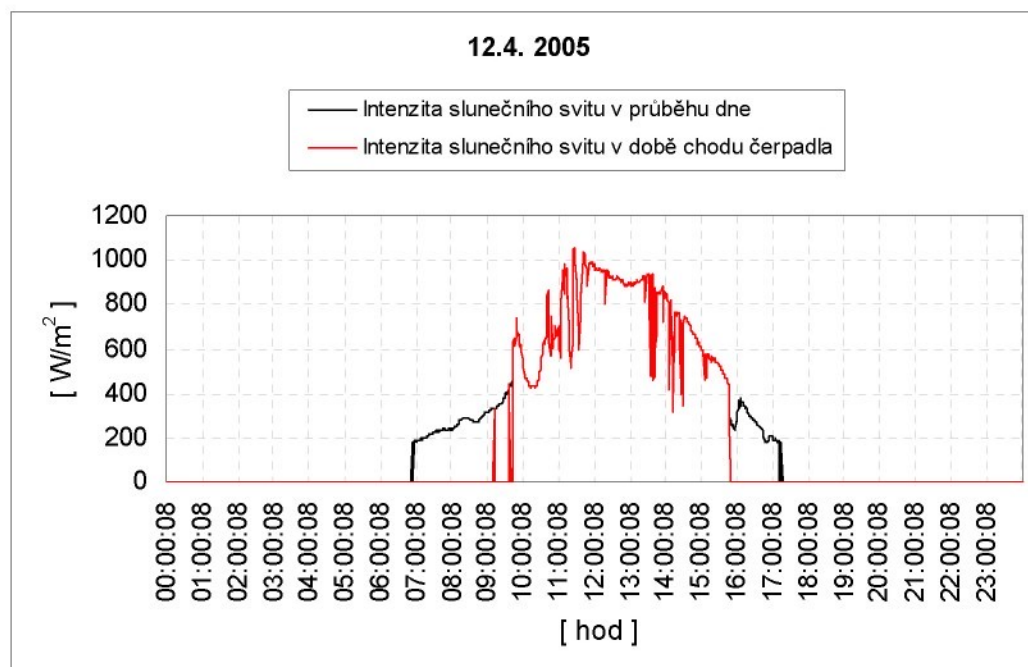
τ	[h]	10,3000	- Skutečná doba slunečního svitu
$q_{stř}$	[W/m ²]	545,2995	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	39,5408	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ENERGIE DOPADAJÍCÍ ZA DEN NA KOL. PLOCHU 7,04m² V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

τ_c	[h]	6,1333	- Skutečná doba chodu čerpadla
$q_{stř}$	[W/m ²]	732,8085	- Střední intenzita slunečního záření
$Q_{den\ skut}$	[kWh]	31,6417	- Energie dopadající na kolektorovou plochu

ZACHYCENÁ ENERGIE ZA DEN V DOBĚ CHODU SYSTÉMU

ρ	[kg/m ³]	1012,8998	- měrná hmotnost
V	[m ³ /s]	0,000133	- objemový průtok
C_p	[J/kgK]	3728,0098	- Měrná tepelná kapacita
Δt	[°C]	5,7587	- rozdíl teplot na absorbéru
Q_{kol}	[kWh]	17,7618	- Energie zachycená kolektorovou plochou
$\eta_{skut\ kol}$	[%]	56,1343	- Skutečná účinnost kolektoru



Příloha č. 3

TECHNICKÉ ÚDAJE TERMOFROST P, KOLEKTON

Roztok	Bod tuhnutí	Obsah propylenglykolu
A	- 10 °C	25 obj. %
B	- 20 °C	36 obj. %
C	- 30 °C	45 obj. %

Hustota (kg/m³)

Teplota (°C)	A	B	C
-30	-	-	1064
-20	-	1050	1 060
-10	1022	1046	1056
0	1018	1041	1052
10	1014	1036	1047
20	1009	1030	1041
30	1004	1024	1035

Měrná tepelná kapacita, (kJ/kg.K)

Teplota (°C)	A	B	C
-30	-	-	3.37
-20	-	3.65	3.41
-10	4.02	3.67	3.45
0	4.03	3.70	3.49
10	4.04	3.73	3.53
20	4.05	3.76	3.57
30	4.06	3.79	3.61

Součinitel tepelné vodivosti, (W/m.K):

Teplota (°C)	A	B	C
-30	-	-	0.230
-20	-	0.236	0.220
-10	0.279	0.238	0.220
0	0.288	0.240	0.220
10	0.296	0.242	0.220
20	0.304	0.244	0.220
30	0.312	0.246	0.220

Údaje poskytl firma AGRIMEX, spol. s r.o.
Husova 7, 674 01 Třebíč

Příloha č. 4**Měsíční úhrny slunečního svitu v (hod.)****Stanice: Liberec****Období: I. - XII. 2004**

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
40,0	40,6	110,4	187,4	164,9	179,5

VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
220,6	247,2	192,2	135,1	32,0	29,3