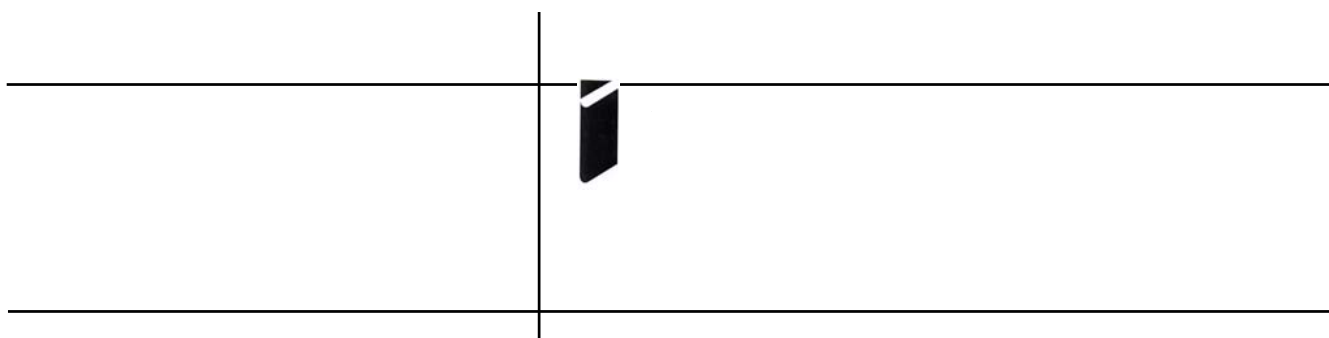


Návrh monitorování a
řízení systému ohřevu teplé
vody výměníky-
slunečních kolektorů v

Pavel Jasenský



Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinu Zálešákovi, CSc. za odborné vedení, připomínky a pomoc při řešení dané problematiky. Dále p. Pavlu Novákovi, vedoucímu správy a údržby areálů lázní Zlín, firmy STEZA, spol. s.r.o. za poskytnutí potřebných informací z provozu krytého bazénu a Ing. Popelkovi, zaměstnanci firmy EKOSOLARIS, a.s. za praktické informace k navrhování solárních systémů.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce, ředitele ústavu a institutu. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně, 2.9.2005

.....

podpis

ABSTRAKT

Abstrakt česky

Práce obsahuje návrh solárního systému s monitorováním a řízením v provozu krytého bazénu s celoročním provozem. Systém je navržen pro ohřev vody v kombinaci základního zdroje (dálkový přívod páry). Součástí práce jsou popisy konkrétních výrobků od autorizovaných firem, aby měl čtenář představu o jejich funkčním principu.

Abstrakt ve světovém jazyce

The purpose of this diploma work is proposal solar system with monitoring and proceedings into service covered swimming – pool with perennial business. The system is designed for heating water at combination basic supply (remote admission of steam). The work consists there're description concrete produce from accredited producer for readers and your information about product mode of operation.

OBSAH

OBSAH.....	5
ÚVOD	7
I. TEORETICKÁ ČÁST	9
1 SLUNCE.....	10
1.1 PROČ POTŘEBUJEME SLUNEČNÍ ENERGII	10
1.2 SLUNCE JAKO ZDROJ ENERGIE	11
2 ČÁSTI SOLÁRNÍCH SOUSTAV	15
2.1 SOLÁRNÍ KOLEKTORY	15
2.1.1 Solární kolektor EKOSTART THERMA od EKOSOLARIS.....	15
2.1.2 Solární kolektor EKOSTART THERMA II. od EKOSOLARIS.....	18
2.1.3 Kolektor SOKOL 1.1 od BMC KOVO	21
2.1.4 Kolektor SOKOL 1.2 od BMC KOVO	23
2.1.5 Kolektor SOKOL 1.3 od BMC KOVO	24
2.1.6 Kolektor SOKOL 1.4 od BMC KOVO	24
2.1.7 Způsoby řazení kolektorů	25
2.1.8 Typy solárních systémů.....	25
2.2 NÁVRH POTRUBNÍHO SYSTÉMU	26
2.3 TEPLONOSNÁ MÉDIA	27
2.4 SOLÁRNÍ ZÁSOBNÍKY	28
2.4.1 Solární zásobník EMETTI COMFORT od INVAR CS.....	29
2.5 EXPANZNÍ ZAŘÍZENÍ	31
2.5.1 Expanzomat REFLEX	32
2.6 ČERPADLO.....	32
2.6.1 Návrh čerpadla	32
2.6.2 Čerpadlo WILO.....	33
2.7 REGULACE	34
2.7.1 Regulační jednotka SCU – II od EKOSOLARIS pro solární systémy vyšší třídy.....	34
2.7.2 Regulátor čerpadla WILO STARCONTROL STE.....	36
II. PRAKTICKÁ ČÁST.....	38
3 NÁVRH SOLÁRNÍHO SYSTÉMU	39
3.1 ENERGETICKÁ BILANCE.....	39
3.1.1 Ztráty prostupem.....	40
3.1.2 Ztráty odparem.....	41
3.1.3 Energie dálkového přívodu páry	41
3.2 NÁVRH SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ	43
3.2.1 Postup při návrhu solárního systém	43
3.3 NÁVRH POTRUBNÍHO SYSTÉMU	51
3.4 NÁVRH VÝMĚNÍKŮ	59
3.4.1 Výpočet výkonových parametrů výměníku	59
3.5 NÁVRH EXPANZOMATU	62
3.6 NÁVRH ČERPADLA.....	64

3.7	NÁVRH ŘÍZENÍ A MONITOROVÁNÍ	67
3.8	EKONOMICKÉ HODNOCENÍ PROJEKTU	70
ZÁVĚR.....		74
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		75
SEZNAM OBRÁZKŮ.....		76
SEZNAM TABULEK		77

ÚVOD

Práce obsahuje návrh solárního systému s monitorováním a řízením v provozu krytého bazénu s celoročním provozem. Systém je navržen pro ohřev vody v kombinaci základního zdroje (dálkový přívod páry). Součástí práce jsou popisy konkrétních výrobků od autorizovaných firem, aby měl čtenář představu o jejich funkčním principu.

Využití obnovitelných zdrojů energie při současném nedostatku fosilních paliv je trendem poslední doby. Využití obnovitelných zdrojů nemá význam jako prostá náhrada fosilních paliv, ale má význam z hlediska ekologie. Jedním s čistých ekologických zdrojů je solární energie, která dopadá na zemský povrch a není dostatečně využívána. Využití je ovšem limitováno.

Solární systémy jsou technicky známé a propracované, ale jejich širšímu využití brání vysoké investiční náklady. Cílem této práce bylo na základě návrhu solárního systému v bazénovém prostoru ověřit možnost technického využití regulace a také ekonomické parametry celé soustavy.

Pro vypracování zprávy bylo nutné provést studium systému zásobování vody, úpravou, doplňování a její ohřev.

- seznámení s vodním hospodářstvím městských lázní Zlín
- seznámení se systémem vytápění
- zhotovení bilančního rozboru
- využití solárních systémů pro ohřev teplé vody
- návrh zapojení do existujícího systému
- návrh regulace

Vodní hospodářství lázní obsahuje jednak bazén a dále provoz pro přípravu teplé vody. Pro doplňování čerstvé vody platí hygienická pravidla, které je nutné dodržovat.

Systém dálkového přívodu energetického zdroje se používá k samostatnému vytápění prostoru a ohřevu teplé vody.

Provedené bilanční rozborů týkajících se energetických procesů související s nutným ohřevem vody pro bazén i ostatní.

V rámci práce byla provedena jednak všeobecné seznámení s použitím solárních systémů a dále rozbor existujících výrobků.

Problematika zapojení solárních systémů souvisí s nerovnoměrnou dodávkou energie a k tomu musí být přizpůsoben celý energetický systém jak výškou, tak i regulačním řízením.

Regulační systém musí být jednoduchý a musí umožňovat nestacionární výkonové parametry solárního zdroje.

V závěru práce je provedeno technicko-ekonomické hodnocení, na základě kterého je možné posoudit, zda systém s využitím obnovitelného zdroje je ekonomicky nosný a návratný.

I. TEORETICKÁ ČÁST

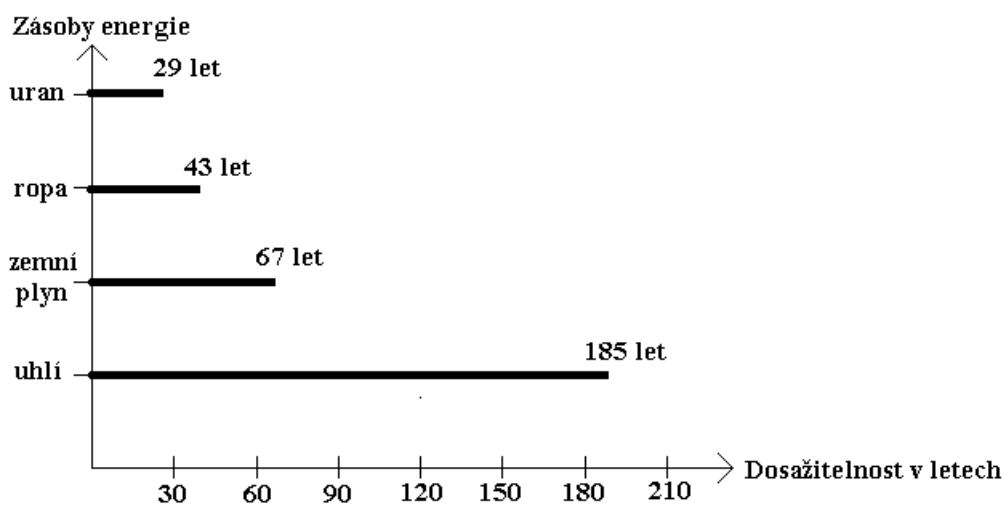
1 SLUNCE

1.1 Proč potřebujeme sluneční energii

Slunce je po miliony let nejdůležitějším dodavatelem energie pro Zemi. Bez něj by nebyl život na naší planetě myslitelným. Fosilní energetické suroviny jako uhlí, ropa a zemní plyn, které se dnes těží v ohromném měřítku, nejsou ničím jiným, než zásobníkem sluneční energie z dřívějších věků Země. Díky technickému pokroku a přicházejícímu „hladu po energii“, jsou po miliony let ukládané zásoby energie během několika desetiletí vyčerpány. Z toho vyplývá nutnost náhrady fosilních zásob jinými alternativami, a to již v brzké době. Platí to stejnou měrou jak 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. Ze zvyšování počtu přírodních katastrof a hromadění výjimečných událostí, jakými jsou např. neuvěřitelně horká léta, mírné zimy, orkány, stoleté deště atd. je zřejmé, jak nutné je proti těmto faktorům znečištěné přírody udělat patřičná opatření. Řešením může být:

- snížení spotřeby energie;
- využívání obnovitelných zdrojů energie.

Předpokládá se, že obě tyto cesty budou využívány paralelně.



Obr. 1: Dostupnost těžitelnosti zásoby zdrojů

Na obrázku (Obr. 1) jsou uvedeny s jistotou těžitelné mezinárodní zásoby zdrojů energie – předpokládaná doba čerpání tohoto bohatství při stávajícím tempu těžby. I když jsou uváděna i částečně odlišná čísla, nemění to nic na dohledné omezenosti zdrojů.

1.2 Slunce jako zdroj energie

Slunce je z fyzikálního hlediska fúzním reaktorem. Na základě enormně velké hmotnosti a s ní spojené hmotné přitažlivosti se atomy „taví“, v podstatě se atomy vodíku mění na atomy hélia. Při tom se uvolňuje nepředstavitelné množství energie, předávané ve formě elektromagnetického záření do kosmického prostoru. Zlomek této zářivé energie dosáhne po 150 milionech km a 8,3 minutách na Zemi. Některá zajímavá data o Slunci udává tabulka (Tab. 1).

Při měření solárního záření mimo zemskou atmosféru (na sluneční straně, kolmo k záření) přibližně ve výšce satelitů, se vyskytuje proud energie cca 1360 W/m^2 , což je tzv. solární konstanta. Při průchodu záření zemskou atmosférou probíhá řada komplexních dějů. Části záření jsou absorbovány, rozptýlovány, reflektovány a emitovány. Tím se v průběhu dějin Země ustálila na zemském povrchu tepelná rovnováha, která je podmínkou existence života. Hnací silou pro téměř všechny energeticky podmíněné děje v našem životním prostředí je sluneční záření. Jde například o:

- pohyb vzduchu na základě rozdílných teplot a tlaků (větrná energie)
- pohyby moří (vlny a mořské proudy)
- oteplování povrchu Země a atmosféry (využití tepla např. tepelnými čerpadly)
- růst vegetace (fotosyntéza, biomasa)

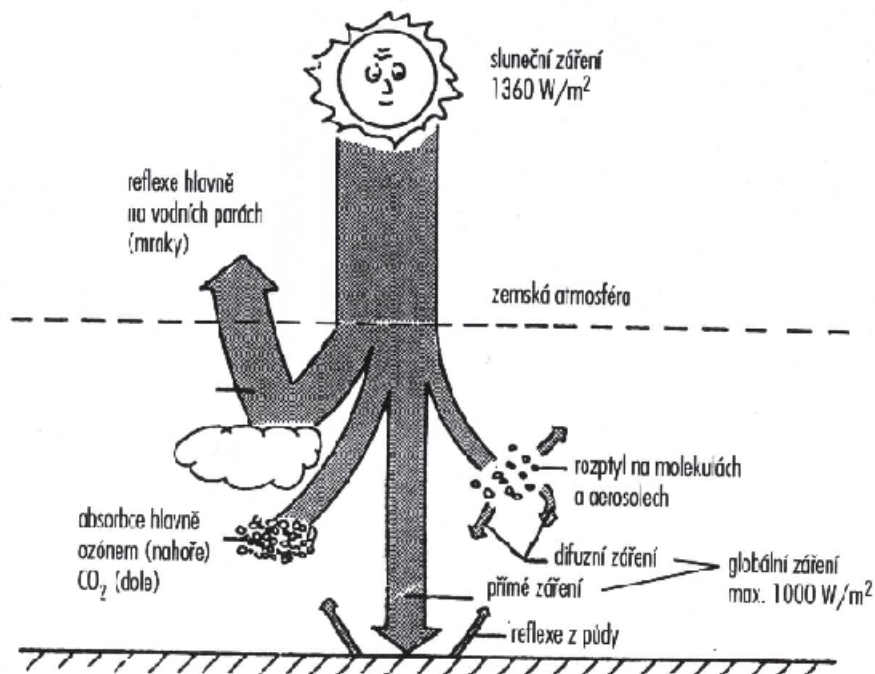
Při jasné bezmračné obloze dopadá největší část záření na Zemi, aniž by měnilo směr. Toto přímé záření lze soustřeďovat (koncentrovat) např. zrcadly nebo čočkami. Rozptylem přímého záření v mracích a na částechkách v atmosféře dochází k difúznímu záření (tzv. záření oblohy), které na Zemi přichází ze všech směrů. Difúzní záření (viz Obr. 3) nelze koncentrovat. Souhrn přímého a difúzního záření se označuje jako globální záření. Zatím co difúzní záření tvoří v létě asi 50 % záření globálního (v měsíčním průměru), je jeho podíl v zimě díky oblačnému počasí podstatně vyšší (viz Tab. 2). V celoročním průměru obnáší asi 60 %. Proto se musí použít technologie, které dobře využívají i difúzního záření. S koncentrujícími systémy nelze ve střední Evropě počítat v širokém měřítku.

Čím více vodní páry obsahuje atmosféra a čím vyšší je tedy podíl difúzního záření, tím více energie globálního záření ubývá. Intenzita záření v poledne je:

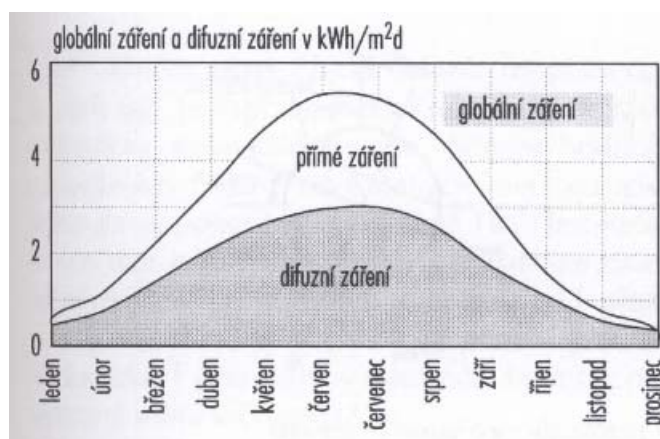
- za zamračených dnů $40 - 200 \text{ W/m}^2$
- za jasných dnů $600 - 1000 \text{ W/m}^2$

Odpovídajícím způsobem kolísá silně v průběhu dne i energie záření (Tab. 3). Vlivem otáčení Země a jejího oběhu kolem Slunce během roku kolísá i záření na povrch Země vlivem střídání dne a noci i střídání ročních období. V zimě přijímá severní polokoule méně energie než v létě, protože dny jsou kratší a Slunce je níže na nebi. Pokles solárního záření na spolupůsobení globálního větrného systému u nás vedou k převážně pošmournému a chladnému zimnímu počasí s nízkými hodnotami solárního záření (Tab. 2 a Tab. 3). Na jižní polokouli je to opačně.

Značně kolísající množství solárního záření je příčinou základního problému v technickém využívání solární energie. Aby byli solární energetické systémy schopny energii kontinuálně dodávat, musí zahrnovat odpovídající zásobníky, nebo přídavné systémy.



Obr. 2: Ztráty solárního záření při průchodech atmosférou



Obr. 3: Podíl difúzního a globálního záření

Tab. 1: Poměry velikostí Slunce – Země

Hodnota	Slunce	Ve srovnání k Zemi
Průměr	1 390 000 km	109 průměrů Země
Hmotnost	2×10^{27} tun	330 000 hmotností Země
Tíhová síla	28 g	1 g ($9,81 \text{ m/s}^2$)
Teplota povrchu	6000 °C	15 °C
Vzdálenost od slunce k Zemi	150 milionů km (= 1 astronomická jednotka AE, nebo 8,3 světelných vteřin)	

Tab. 2: Výkony zářivé energie

Stav nebe	Záření (W/m^2)	Difúzní podíl (%)
Modré	800 - 1000	10
Zamlžené	600 - 900	až 50
Mlhavý podzimní den	100 - 300	100
Zamračený zimní den	50	100
Celoroční průměr	600	50 až 60

Tab. 3: Typická denní nabídka záření na jižně orientované kolektory

Roční období	Sluneční záření, jasno (kWh/m ²)	Obláčno (kWh/m ²)
Léto	7 - 8	2
Předjaří / podzim	5	1,2
Zima	3	0,3

2 ČÁSTI SOLÁRNÍCH SOUSTAV

2.1 Solární kolektory

Základním stavebním prvkem slunečního kolektoru (solární tepelný jímač) je absorbér, což je např. plochá deska s neodrazivým povrchem a trubicemi pro odvod teplotnosného média. Uložením absorbérů pod skleněnou desku vznikne sluneční kolektor, který využívá skleníkového efektu. Z hlediska teplotnosného média dělíme kolektory na kapalinové a vzduchové, resp. kombinované.

Sluneční absorbéry přeměňují zachycené sluneční záření na tepelnou energii. Ta je pomocí teplotnosného média odváděna do místa okamžité spotřeby nebo akumulována v zásobníku. Kolektory dělíme podle tvaru na ploché a trubicové. Vakuum, jenž je v solárním kolektoru, tedy mezi čelním sklem a zadní stěnou, kde je umístěna trubice pro teplotnosné médium, snižuje tepelné ztráty a zvyšuje účinnost při dosažení výstupních teplot.

Kvalitní kolektory mají absorbér opatřený spektrálně selektivní vrstvou (speciální černá barva nebo galvanické pokovení), mají vyšší účinnost a dokáží zpracovat i difúzní záření.

V následující kapitole jsou popsány technické parametry a složení šestice kapalinových kolektorů od dvou českých výrobců.

2.1.1 Solární kolektor EKOSTART THERMA od EKOSOLARIS

Kolektor EKOSTART THERMA (viz Obr. 4) je určen pro solární systémy s nuceným nebo samotížným oběhem topného média, především však ve spojitosti s celoroční přípravou teplé užitkové vody (TUV), ohřevem bazénů a přitápění. Může být použit i pro jiné speciální případy. Tyto se doporučují konzultovat s výrobcem. Jímací plocha (absorbér) kolektoru EKOSTART THERMA je vytvořená z měděných trubek. Na trubkách jsou vysokofrekvenčně navařeny měděné lamely, které jsou opatřeny vysoce selektivním nánosem, obchodně nazývaný "Black Crystal II TM". Tato technologie je výsledkem výzkumu a spolupráce s firmou Thermafin z USA. Rám kolektoru je vytvořen z nerezových profilů, z přední strany je kolektor opatřen speciálním solárním (tzn. s nízkým, obsahem nečistot) tvrzeným sklem o tloušťce 4mm. Sluneční kolektory **EKOSTART THERMA** mohou v ročním průměru ušetřit až 75% energie potřebné na přípravu teplé užitkové vody a až 40% tepla potřebného k vytápění. Úsporou každé kWh tepelné energie

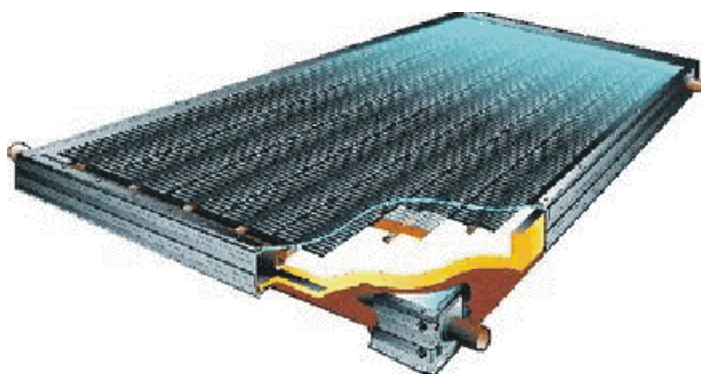
se zmenší i emise zplodin a spalin, které nemusíme vdechovat a přitěžovat životnímu prostředí. Princip slunečního kolektoru je založen na zachytávání slunečních paprsků (nositelé energie) a jejich přeměně na teplo. Nemrznoucí kapalina následně odvádí získané teplo měděným potrubním systémem do tepelného výměníku, kterým je získané teplo převáděné na přípravu teplé užitkové vody, přitápění či ohřev bazénu. Kompletní solární sestava pro přípravu TUV ještě obsahuje zásobník, elektronickou regulaci, expanzní nádobu a další komponenty zajišťující bezpečný provoz, oběhové čerpadlo a potrubí. Technické parametry jsou uvedeny v tabulce (Tab. 4).

Výhody slunečních kolektorů EKOSTART THERMA:

1. Vysoká účinnost, jenž v závislosti na středoevropských klimatických podmínkách je vyjádřena ročním energetickým ziskem z jednoho kolektoru, o absorpční ploše 1,5 m², minimálně 1100 kWh.
2. Vysoká životnost materiálů, z kterých je kolektor zpracován, i celkové provedení zajišťují minimálně 30 letou životnost.
3. Vysoká kvalita, potvrzená výsledky testů v renomovaných zkušebnách v Evropě, tak i v Americe. Sama tato kvalita je vyjádřena nadstandardní 7 letou zárukou.
4. Jednoduchá montáž, variabilní pro všechny typy střech.
5. Vysoký uživatelský komfort. Prodejní, montážní a servisní síť po celé republice. Minimální nároky na obsluhu a údržbu. Recyklovatelnost použitých materiálů.
6. Nižší finanční závislost na rostoucích cenách energií.
7. Vysoký konkrétní přínos k ozdravění životního prostředí nás všech.
8. Český výrobek oceněný mezinárodní cenou Grand Prix Pragotharm 98.
9. Splňuje požadavky k udělení dotace ze Státního fondu životního prostředí.

Tab. 4: Technická data kolektoru EKOSTART THERMA

Parametr	Veličina
výška / šířka / tloušťka	1585x1085x80 mm
absorpční plocha (černý krystal)	1,5 m ²
hmotnost cca	33 kg
vodní obsah	1 litr
doporučený pracovní přetlak	0 - 400 kPa
maximální povolený přetlak	600 kPa
zkušební přetlak	1 MPa
účinnost (při I _c = 800 W/m ²)	86%
tlaková ztráta při průtoku 70 l/hod	0,8 kPa
specifický objemový průtok	50 - 90 l/hod
připojovací rozměr	Ø 18 mm
záruka	7 let
životnost	minimálně 30 let
zisk	1100 kWh/rok
absorptivita selektivní vrstvy Black Crystal II TM	a = 0,96
emisivita selektivní vrstvy Black Crystal II TM	a = 0,96
a/e	9,2



Obr. 4: Kolektor EKOSTART THERMA

2.1.2 Solární kolektor EKOSTART THERMA II. od EKOSOLARIS

Sluneční kolektory EKOSTART THERMA II. (Obr. 5) se řadí mezi špičkové výrobky svého druhu na světě. Aby byly jejich vlastnosti plně využity, vyžadují odbornou montáž a u složitějších zařízení i vypracování kvalitního projektu. Absorbér se skládá z lamel se speciální selektivní vrstvou a měděný trubiček $\varnothing 10 \times 0,8$ mm, dále z integrovaného sběrného potrubí $\varnothing 18 \times 1$ mm, absorbér je tlakově zkoušen. Je uložen ve vaně, která je zhotovena z hliníkové slitiny. Prostor mezi absorberem a zadní stěnou vany je vyplněn izolační vrstvou IZOVER tloušťce 40 mm. Z přední strany je kolektor zakrytý solárním sklem o tloušťce 4 mm. Toto je připevněno k vaně kolektoru prostřednictvím hliníkového profilu a těsnícího tmelu. Upevnění na kolektoru na střešní plášť se provádí pomocí speciálního rámu s úchyty. Tento není součástí kolektoru. Po obou stranách kolektoru jsou dva výstupy sběrného potrubí pro instalaci a montáž. Technická data jsou uvedena v tabulce (Tab. 5).

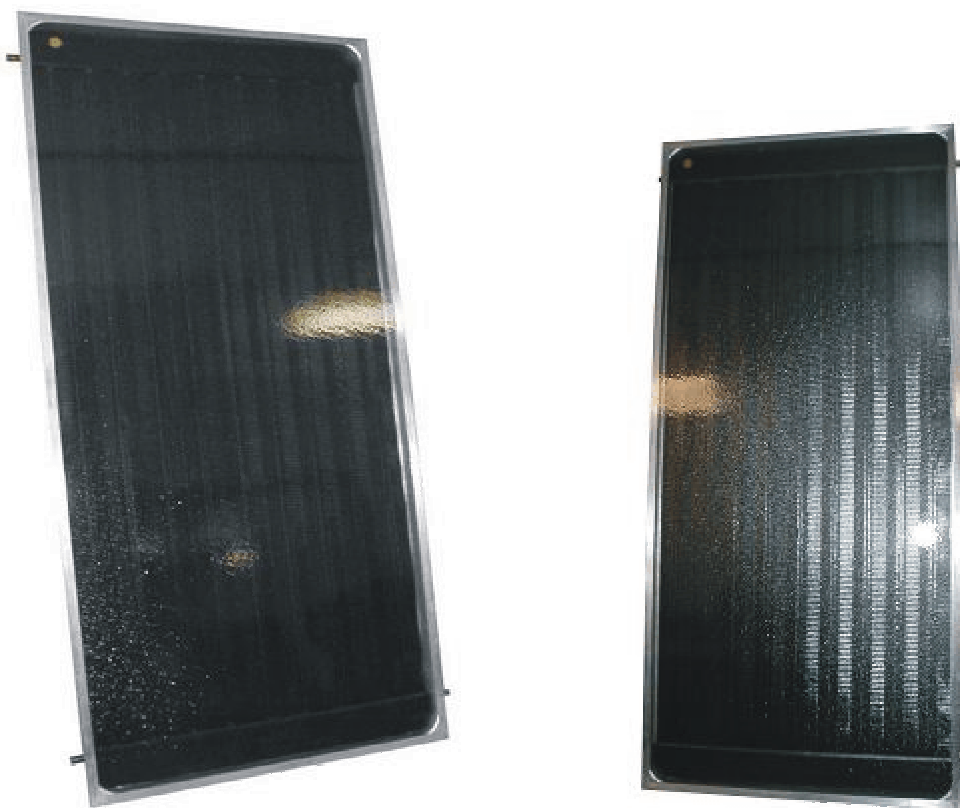
Tab. 5: Technická data kolektoru EKOSTART THERMA II

Parametr	Veličina
výška / šířka / tloušťka	2310x1040x110 mm
absorpční plocha (černý krystal)	2,0 m ²
hmotnost cca	52 kg
vodní obsah	1,3 litru
doporučený pracovní přetlak	0 - 400 kPa
maximální povolený přetlak	6 bar (600 kPa)
maximální klidová teplota	180 °C
maximální provoz.teplota topného média	110 °C
specifický objemový průtok	70-120 l/hm ²
účinnost (při I _c = 800 W/m ²)	86%
tlaková ztráta při průtoku 70 l/hod	1,0 kPa (voda/glykol 33%)
připojovací rozměr	Ø 18 mm
absorptivita	a = 0,95
emisivita	e = 0,08
a / e	9,2

Provozní podmínky kolektoru Ekostart THERMA II.:

1. Sluneční kolektory EKOSTART THERMA II. jsou kompaktní konstrukce, jsou odolné proti poškození a jejich instalace je jednoduchá. Přesto je nutné uvést několik zásad pro zacházení s nimi:
2. Kolektory se přepravují vždy v poloze na stojato (na hranách).
3. Při přepravě musí být jištěny proti posunutí, na skle musí být ochranný kartón a při větším počtu kusů je nutné použít rozpěrné vložky.

4. Kolektor je nutno skladovat v zastřešených temperovaných prostorech
5. Kolektor nemá být uložen tak, aby na absorbér dopadalo přímé sluneční záření, aby nedošlo k jeho nadměrnému zahřívání a aby vlivem nadměrného rozdílu teplot nedocházelo uvnitř ke kondenzaci vodních par.
6. Nejvhodnější počasí pro montáž je v suchém a teplém počasí, není vhodné montovat na prudkém slunci, pokud to není možné, doporučuje během montáže a dále až do zprovoznění systému vhodně kolektory zakrýt.
7. Výstupní potrubí z kolektoru nesmí být namáhána silami, které způsobují vznik ohybových a kroutících momentů.
8. Jako teplotonosná kapalina se smí používat pouze nemrznoucí směs SOLAREN s bodem tuhnutí - 32°C.
9. Používání kolektorů na přímý ohřev TUV v primárním okruhu je ZAKÁZÁNO
10. Sluneční kolektory EKOSTART THERMA II. vyžadují odbornou montáž a u složitějších zařízení i vypracování kvalitního projektu.



Obr. 5: Kolektory EKOSTART THERMA II

2.1.3 Kolektor SOKOL 1.1 od BMC KOVO

Kolektor (viz Obr. 6) vhodný pro umístění na střechy, které jsou vystaveny silným nárazovým větrům. Má velmi dobré izolační vlastnosti a mechanické vlastnosti odolávající povětrnostním vlivům (viz Tab. 7). Sluneční záření dopadající na solární kolektor ohřívá absorpční pocínovaný plech. Ten předává tepelnou energii kapalině, která proudí v měděné trubce o průměru 15 mm. Technické parametry jsou v tabulce (Tab. 6).

Tab. 6: Technické parametry kolektoru SOKOL 1.1

Parametr	Veličina
Rozměry (délka x šířka x výška)	800 x 800 x 70 mm
Půdorysná plocha	0,64 m ²
Celková hmotnost	10,5 kg
Záruka	3 roky
Životnost	min. 30 let



Obr. 6: Kolektor SOKOL 1.1

Tab. 7: Rozšířené technické parametry kolektoru SOKOL 1.1

Parametr	Veličina
Přední průhledný kryt	dutinkový polykarbonát, tloušťka 4 mm, světlopropustnost 82%, tvarová stálost -40 až +130°C, desetiletá záruka na odolnost proti krupobití a UV záření
Venkovní rám	nerezový plech tl. 0,5 mm
Objem kapalinové náplně	0,6 l
Absorpční plech	ocel. pocínovaný plech tloušťka 0,5 mm, selektivní černá vrstva
Trubkový výměník	měděné trubky polotvrdé ø15 mm, tl. 0,5 mm
Odrázová fólie	zesílená hliníková fólie odolávající teplotám do 400 °C
Izolační deska	tepelně izolační deska ROCKWOOL tloušťka 2 cm
Izolace venkovní	MIRANOL, tepelná odolnost -65 až + 90°C při trvalém zajištění, tloušťka vrstvy 2 mm, životnost 50 roků, jestliže je fólie chráněna před přímou povětrností

2.1.4 Kolektor SOKOL 1.2 od BMC KOVO

Pocínované absorpční plechy jsou nahrazeny měděnými absorpčními plechy, čímž se dosahuje zvětšeného výkonu solárních kolektorů. Je také vhodný pro umístění na střechy, které jsou vystaveny silným nárazovým větrům. Má velmi dobré izolační vlastnosti a mechanické vlastnosti odolávající povětrnostním vlivům. Sluneční záření dopadající na solární kolektor ohřívá absorpční měděný plech. Ten předává tepelnou energii kapalině, která proudí v měděné trubce o $\varnothing 15$ mm.

Tab. 8: Technické parametry kolektoru SOKOL 1.2

Parametr	Veličina
Rozměry (délka x šířka x výška)	800 x 800 x 70 mm
Půdorysná plocha	0,64 m ²
Celková hmotnost	10,5 kg
Záruka	3 roky
Životnost	min. 30 let



Obr. 7: Kolektor SOKOL 1.2

Tab. 9: Rozšířené technické parametry kolektoru SOKOL 1.2

Parametr	Veličina
Přední průhledný kryt	dutinkový polykarbonát, tloušťka 4 mm, světlopropustnost 82%, tvarová stálost -40 až +130°C, desetiletá záruka na odolnost proti krupobití a UV záření
Trubkový výměník	měděné trubky polotvrdé ø15 mm, tl. 0,5 mm
Odrážová fólie	zesílená hliníková fólie odolávající teplotám do 400 °C
Izolační deska	tepelně izolační deska ROCKWOOL tloušťka 2 cm
Izolace venkovní	MIRANOL, tepelná odolnost -65 až + 90°C při trvalém zajištění, tloušťka vrstvy 2 mm, životnost 50 roků, jestliže je fólie chráněna před přímou povětrností

2.1.5 Kolektor SOKOL 1.3 od BMC KOVO

Polikarbonátový kryt je nahrazen solárním sklem, tím se dosáhne zvětšené životnosti celého kolektoru přes 30 let. Přestože jde o kalené sklo doporučujeme je umísťovat na alespoň částečně chráněných místech před povětrností. Sluneční záření dopadající na solární kolektor ohřívá absorpční pocínovaný plech. Ten předává tepelnou energii kapalině, která proudí v měděné trubce o ø15 mm.

2.1.6 Kolektor SOKOL 1.4 od BMC KOVO

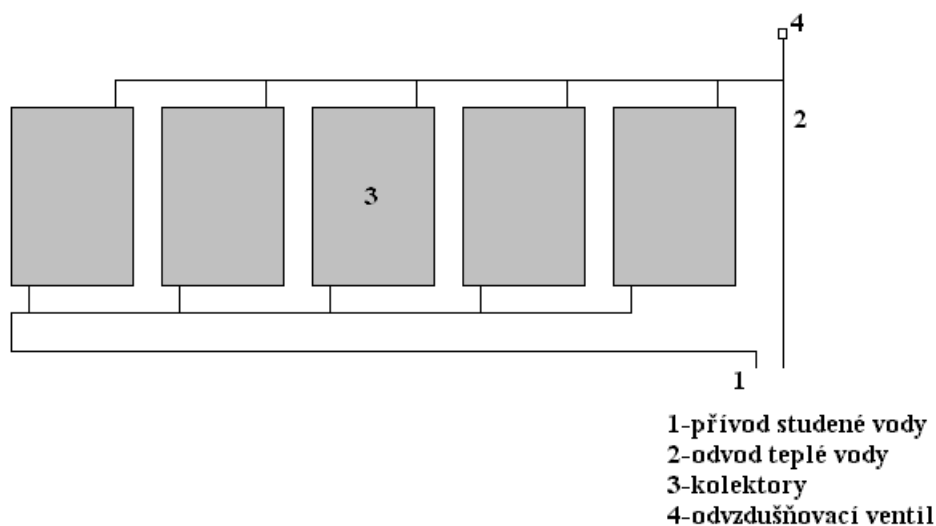
Pocínované absorpční plechy jsou nahrazeny měděnými absorpčními plechy, čímž se dosahuje zvětšeného výkonu solárních kolektorů. Je také vhodný pro umístění na střechy, které jsou vystaveny silným nárazovým větrům. Má velmi dobré izolační vlastnosti a mechanické vlastnosti odolávající povětrnostním vlivům. Sluneční záření dopadající na solární kolektor ohřívá absorpční měděný plech. Ten předává tepelnou energii kapalině, která proudí v měděné trubce o ø15 mm.

Kolektory SOKOL 1.3 a SOKOL 1.4 mají totožné základní parametry jako předchozí typy, tedy SOKOL 1.1 a 1.2 pouze jejich hmotnost je o 1 kg vyšší.

2.1.7 Způsoby řazení kolektorů

Rozdělení řazení kolektorů jsou následující:

- sériové: má tu přednost, že jsou všechny kolektory protékány stejnoměrně, ovšem s počtem řazených ploch za sebou stoupá teplota odváděného média. Sériové řazení tří a více kolektorů nemá obecně vzato smysl.
- paralelní (viz Obr. 8): všechny kolektory jsou napojeny na jedno horní a jedno dolní sběrné potrubí. Aby proud média byl rozdělen pokud možno rovnoměrně na všechny kolektory, musí mít sběrné trubky větší průměr a cesty průtoku kolektory musí být stejně dlouhé.
- sériově paralelní: sjednocuje u větších soustav přednosti obou základních řazení tak, že na jedné straně rovnoměrné průtoky a na druhé straně přijatelný odpor vůči proudění.



Obr. 8: Schéma paralelního řazení kolektorů

2.1.8 Typy solárních systémů

a) Princip samotížného solárního systému:

Kapalina v kolektoru se vlivem dopadajících slunečních paprsků ohřívá a roztahuje. Díky fyzikálním zákonům, čili termosifonového efektu (rozdíl hustoty mezi ohřátou a ochlazenou

kapalinou) samovolně stoupá v trubkovém rozvodu vzhůru k zásobníku s užitkovou vodou. Zde dochází přes výměník k předání tepelné energie z teplotnosného média (ve větší míře nemrznoucí směsi) do vody a tím tedy k jejímu ohřevu. S popisu plyne umístění solárního zásobníku výše než samotného kolektoru. Ochladené teplotnosné médium zase klesá zpět dolů do kolektoru. Tento systém ke své funkčnosti nepotřebuje elektronickou regulaci ani solární hnací jednotku. Proto je jednodušší, spolehlivější a také z ekonomického hlediska levnější, ale naopak jeho využití není příliš všestranné z důvodu menší výkonnosti. Princip je navržen pro využití velmi malých solárních systémů a převážně pro sezónní ohřev.

b) Princip hnaného solárního systému:

Stejně jako v předchozím případě je nemrznoucí směs v kolektorové ploše ohřívána vlivem dopadajících slunečních paprsků. K oběhu teplotnosné kapaliny je instalováno oběhové čerpadlo. V případě, že je elektronickou regulací vyhodnoceno dosažení minimálního teplotního rozdílu mezi kolektorovou plochou a zásobníkem s TUV (tzn. regulace je nastavena na určitou teplotní diferenci), je uvedena do chodu solární hnací jednotka. Ta zajistí přemístění ohřáté teplotnosné směsi k zásobníku s užitkovou vodou, kde se tepelná energie předává pomocí tepelného výměníku a ochlazená směs se popohání zpět do kolektorové plochy. Tento solární systém má širší spektrum využití v technické praxi. Nevýhoda je závislost na vnějším zdroji energie-elektřina k pohonu čerpadla, větší složitost.

2.2 Návrh potrubního systému

Pro přenos tepla mezi kolektorem a zásobníkem je potřebné potrubí, které musí být materiálem a světlostí odpovídat danému účelu. Výběr materiálu pro potrubí je z větší části závislý na velikosti soustavy a na materiálu absorberu. Pro potrubí v solárních soustavách připadají v úvahu zásadně následující materiály:

- měděné trubky (tvrdé nebo měkké)
- ocelové trubky (černé) a trubky z měkké oceli
- trubky ze síťovaného polyetyleny používané obvykle pro teplovodní instalace

V současné době je nejpoužívanějším materiálem měď vzhledem k jejím obrovským výhodám. Přednost se dává mědi tvrdé, protože se dá přizpůsobit okolnostem a její pokládání i v rozích a prostupech stěnami je čistší a lehčí. Pro spojování navzájem a

přechody s napojovacím šroubením na jiné konstrukční dílce soustavy je k dispozici velký počet tvarovek z mědi, červeného bronzu nebo mosazi, které činí z instalace hru se stavebníci.

Neméně důležitá je izolace potrubí pro kompenzaci přestupu tepla do okolí, které vznikají za každých okolností. Na základě vyhlášky č.152/2001 Sb. se minimální tloušťka izolace řídí průměrem potrubí, přičemž hodnota tepelná vodivost izolačního materiálu musí být nižší než $0,04 \text{ W/(m.K)}$. Do jmenovité světlosti 100 je tloušťka izolace stejná jako je vnější průměr potrubí. Pro větší průměry se izolace řídí technicko-ekonomickým výpočtem. U solárních soustav mají být tyto hodnoty pokud možno ještě překročeny. Jako materiál přichází v úvahu minerální vlna, polyuretanové tvarovky (PUR) a pěnová pryž. Pro venkovní vedení trubek musí být izolace provedena jako absolutně odolná proti počasí a UV-záření.

Za zmínku také stojí dilatace potrubí při teplotních klimatických rozdílech, kdy dochází ve vedení k délkové roztažnosti materiálu. Tato kompenzace je prováděna běžnými způsoby provedení jako například při teplovodním venkovním potrubím, jako jsou možnost dilatace použitím obloukových tvarovek, kdy je potrubí po potřebné délce vzhledem k materiálu zkrouceno do tvaru U. Ve vedení u solárních systémů měděným potrubím je tato délka asi 8 až 9 metrů. Dále se používají kompenzátory tvaru S a také ve speciálních případech také osově kompenzátory. Uchycení potrubí musí být provedeno pomocí pevných a posuvných bodů tak, aby kompenzace délkové dilatace byla možná. To platí i při vedení potrubí ve stavebních konstrukcích.

2.3 Teplonosná média

Teplonosné médium má za úkol transportovat teplo od kolektoru k tepelnému zásobníku, resp. k uživateli. Na teplonosné kapaliny musí být proto kladeny následující požadavky:

- vysoká tepelná jímavost, tzn. vysoká tepelná kapacita
- nízká viskozita, tj. dobré vlastnosti pro tok a proudění kapaliny
- mrazuvzdornost až 10°C pod střední nejnižší teploty venkovního vzduchu, požadované při projektování ústředního vytápění, (podle lokality musí být mrazuvzdornost tedy až -18°C).
- v oblasti provozních teplot se nesmí projevovat var

- nesmí podporovat korozi potrubních systémů

Mimoto nesmí být teplotnosné kapaliny hořlavé, jedovaté, žíravé, nebo dráždivé a musí být biologicky odbouratelné. Téměř ideálně splňuje většinu těchto požadavků voda. Protože však při teplotách pod 0 °C zamrzá, může být použita jen v letním provozu (soustavy bez tepelných výměníků). Pitná voda mimoto vykazuje v mnoha místech vlivem obsažených iontů (chloridy, uhličitany aj.) a vlivem zvýšeného obsahu kyslíku korozivní účinky, takže solární soustavy bez tepelných výměníků mohou používat jen materiály dostatečně odolné korozi (měď, ušlechtilou ocel, plasty).

Pro solární soustavy ve středoevropském klimatu jsou používány směsi vody s nemrznoucími přípravky (glykoly) s přídavkem přípravku proti korozi (inhibitoru). Nesmí být opomenuty antikorozivní přísady, protože jednoduchá směs vody s glykolem působí korozivněji než samotná voda. Protože jsou inhibitory koroze rychle pohlcovány (rozkládány) vzdušným kyslíkem, nejsou takové směsi vhodné pro otevřené solární systémy, do nichž nelze vyloučit přístup vzduchu. Oproti přednostem mrazuvzdornosti a menšího rizika koroze mají směsi vody s prostředkem proti zamrzání několik zásadních nevýhod, které je nutno brát při použití v solárních soustavách v úvahu:

- specifická tepelná kapacita glykolu je výrazně nižší než vody, cca o 25 %
- s přibývajícím obsahem glykolu ve směsi způsobuje stoupající viskozita směsi horší přestup tepla v tepelném zásobníku a větší ztráty třením v potrubí, což vyžaduje větší výkony čerpadel
- mimoto klesá povrchové napětí vody, takže směs prolíná do pórů materiálu, které jsou při použití samotné vody těsné

Z výše uvedených důvodů není ve většině případů vhodné přidávat do vodní směsi více mrazuvzdorného přípravku, než je pro zajištění jeho funkce nezbytně nutné.

2.4 Solární zásobníky

Slouží pro přípravu TUV. Podle typu může být dohříván doplňkový zdrojem tepla (elektrina, vodní pára). Objem zásobníků musí odpovídat ploše kolektorů, aby i v létě akumuloval zachycenou energii a nedošlo k poškození systému. Z hygienických důvodů je žádoucí alespoň jednou za určitou časovou periodu byl ohřát obsah zásobníku na určitou teplotu, neboť při provozu za nízkých teplot a malém odběru se mohou rozmnožit

nežádoucí mikroorganismy. Tato teplota by měla být podle normy ČSN 060320 nejméně 70 °C, zejména při zabránění výskytu bakterie *Legionella pneumophily*. Podle některých výrobců je dostačující obsah nádoby ohřát na 60 °C a to jednou denně. Možný je i jiný způsob desinfekce. Podle posledních výzkumů je potřebná teplota přehřátí 75 °C s periodou 7 dní s tím, že přehřátí musí být zabezpečeni i v potrubním systému.

Nabídka energie se zpravidla nekryje s její momentální potřebou, proto musí tepelný zásobník splňovat důležitou úlohu. Přebytkovou nabídku energie musí z kolektoru převzít a uchovat pro periody chudé na záření. V praxi je význam tohoto zásobníku velmi důležitý. To znamená zamezení energetických ztrát získaných za doby slunečního svitu a jeho využití, kdy je přísun energie zastaven (noc, zamračené počasí). Důležité je sladit čtyři aspekty, tedy jímavost tepla (tepelnou kapacitu), tepelné ztráty, velikost a cenu.

2.4.1 Solární zásobník EMMETI COMFORT od INVAR CS

a) Možnosti instalace

Veškeré bojler a zásobníky jsou použitelné pro potravinářské účely, velké stavby s centrálními a samostatnými systémy, hotely, sportovní zařízení, všude tam kde je požadavek na teplou užitkovou vodu. Doporučuje se používat akumulární systémy, které jsou vhodnější než ohřev vody v průtokových ohřivačích. Akumulární systémy ohřevu vody se skládají ze zásobníku, který má dvě nebo tři příruby (typ COMFORT) nebo s pevně zabudovaným výměníkem a jednou přírubou (typ EUROPA).

Tyto zásobníky lze pak doplnit měděnými topnými vložkami včetně příslušenství (KIT).

Použití jednoho nebo více měděných topných výměníků umožňuje používat více zdrojů tepla: solární, elektrické a tepelné. Veškeré technické požadavky na zásobníky byly provedeny dle normy DIN 4708.

b) Konstrukce

Zásobníky EMMETI jsou vyrobeny z vysoce kvalitní oceli FF 360. Veškeré svařování se provádí pomocí moderních svařovacích přístrojů, které jsou velmi přesné.

c) Technické parametry:

Nákres, tabulka parametrů a jeden z možných způsobů zapojení jsou na obrázcích (Obr. 9- Obr. 11)

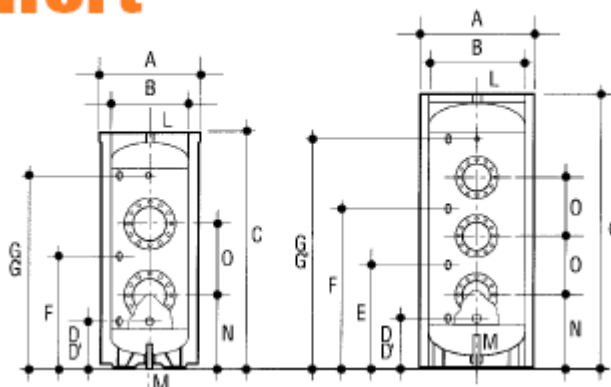
- Max. provozní tlak vody v zásobníku 0,6 MPa (6 bar)
- Max. teplota topné vody 95 °C
- Max. teplota teplé užitkové vody 55 °C (doporučená)

d) Instalace a údržba

Zásobníky a akumulční nádoby jsou dokořetovány s příslušenstvím tj. včetně slepé přírubby, měděného výměníku, ochranné elektronické anody atd. Poté se provádějí hydraulické zkoušky nádoby a připojí se elektronická anoda ACES. Je potřeba provádět periodicky nejlépe každé 3 měsíce následující operace:

- zkontrolovat teplotu zásobníku
- ujistit se o funkčnosti pojistného ventilu
- ujistit se, že celý systém je uzemněn
- správná funkčnost ochranné elektronické anody ACES (svítí zelená kontrolka na zdroji)

Comfort



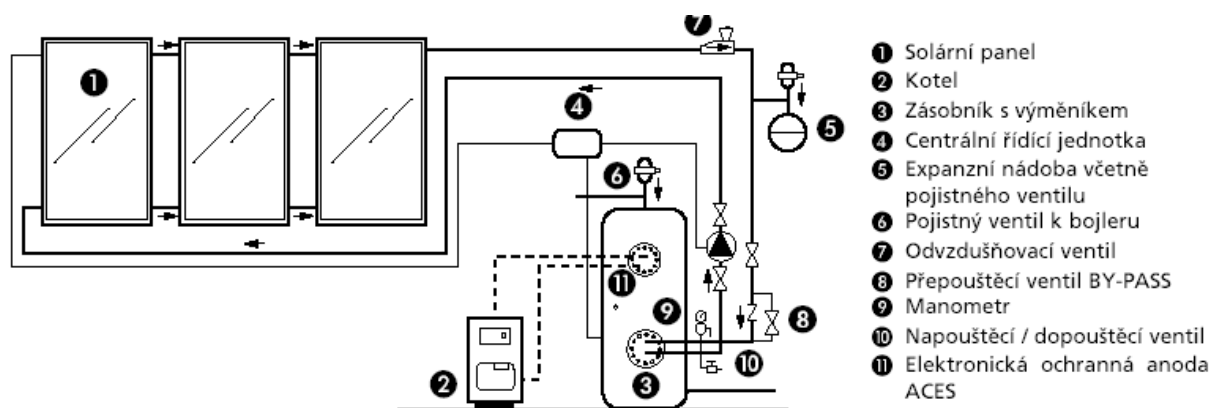
Obr. 9: Solární zásobník EMMETI

Model		lt	150	200	300	500	750	1.000	1.500	2.000	3.000	
Průměr s izolací	A	mm	610	610	680	730	900	1.000	1.050	1.200	1.350	
Průměr bez izolací	B	mm	480	480	550	600	750	850	950	1.100	1.250	
Výška	C	mm	1.175	1.425	1.395	2.020	2.135	2.173	2.435	2.480	2.760	
Vstup studené vody	1" 1/4	D	mm	255	255	240	320	-	-	-	-	
Vstup studené vody	2"	D	mm	-	-	-	395	400	400	410	455	
Elektrická patrona	1" 1/2	D'	mm	235	255	240	320	395	400	400	410	455
Elektrická patrona/cirkulace	1" 1/2	E	mm	-	-	-	770	775	-	-	-	
Anoda	1" 1/2	E	mm	-	-	-	-	-	775	785	830	
Anoda	1" 1/2	F	mm	540	642	645	1.270	1.220	1.225	-	-	
Elektrická patrona/cirkulace	1" 1/2	F	mm	-	-	-	-	-	1.225	1.235	1.280	
Elektrická patrona	1" 1/2	G	mm	905	1.155	1.140	1.720	1.795	1.800	-	-	
Anoda	1" 1/2	G	mm	-	-	-	-	-	2.100	2.110	2.355	
Teploměr	1/2"	G'	mm	905	1.155	1.140	1.720	1.795	1.800	2.100	2.355	
Výstup teplé vody	1" 1/4	L	horní část	horní část	horní část	horní část	-	-	-	-	-	
Výstup teplé vody	2"	L	-	-	-	-	horní část	horní část	horní část	horní část	horní část	
Vypouštění	1" 1/4	M	-	-	-	spodní část	spodní část	spodní část	spodní část	spodní část	spodní část	
První příruba	DN200	N	mm	360	417	402	500	545	550	560	605	
Rozteč přírub	O	mm	450	450	450	450	450	450	450	450	450	
Váha		Kg	56.5	66.5	75	114	129	129	243	289.5	375	

* Bojlery od 750 - 3000 l mají tři příruby.

* Bojlery od 750 - 3000 l mají tři příruby.

Obr. 10: Technické parametry EMETTI COMFORT



Obr. 11: Příklad použití zásobníku TUV

2.5 Expanzní zařízení

Expanzní zařízení je součástí bezpečnostních armatur solárních systémů, které se používá v kombinaci s pojistným ventilem, který se vlivem teplotní roztažnosti média automaticky otevírá při předem definovaném tlaku.

V solárním okruhu může nastat případ, že 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, výpadkem proudu nebo jiným nestandardním zásahem do systému. V takových případech stoupá značně tlak v okruhu. Podle normy DIN 4757-1 je proto předepsán pojistný ventil, který se otevírá při překročení maximálně přístupného provozního tlaku, aby se zajistila maximální

bezpečnost celého systému. Tzn. ani extrémní zatížení nesmí vést k poruchám, jejichž odstranění by vyžadovalo výkony nad obvyklý rámec obsluhy.

2.5.1 Expanzomat REFLEX

Expanzomat je druh expanzní nádoby. Expanzomaty reflex (viz Obr. 12) jsou vyrobeny z kvalitního materiálu, vysoce spolehlivé a přinášejí energetické úpory. Pro automatizaci provozu soustavy jsou k dispozici doplňovací a odplyňovací zařízení. V ocelové nádobě je membrána nebo vak. Z jedné strany membrány je dusík (vzduch) a z druhé strany voda. Ve studeném stavu je téměř celý objem nádoby vyplněn plynem. Při zvyšování teploty se zvětšuje objem a tlak vody v soustavě, voda vstupuje do nádoby a stlačuje plyn na druhé straně membrány. Při poklesu teploty je voda vytlačována plynem z nádoby zpět do soustavy.



*Obr. 12: Expanzní nádoba reflex S
pro solární soustavy*

2.6 Čerpadlo

2.6.1 Návrh čerpadla

V kolektorových soustavách s nuceným oběhem jsou všeobecně používána obvyklá oběhová čerpadla pro ústřední vytápění, která musí splňovat několik nutných podmínek:

- osvědčení v tepelné technice, tedy odolnost vůči vysokým teplotám až do 110 °C
- zvládnutí dostatečného objemu kapalin
- vhodné pro použití vodních směsí s mrazuvzdornými přísadami

V dnešní době je nejvhodnější do systému použít oběhové čerpadlo s proměnnými otáčkami, které nevykazuje charakteristickou křivku, ale charakteristické pole, což je

bezesporu obrovskou výhodou. Nemusí se tedy brát příliš velký ohled na výběr čerpadla při návrhu soustavy. Samozřejmě čerpadlo musí vykazovat výkon potřebný pro dopravu celkového objemu teplotnosného média. Při možnosti regulace otáček se čerpadlo, tedy jeho pracovní bod může kdykoliv přizpůsobit tlakovým poměrům v hydraulickém okruhu. Tedy zpomalit nebo zrychlit proudění média v primárním okruhu soustavy.

U malých standardních solárních soustav do asi 6 m² může být přesný výpočet tlakových ztrát opomenut, protože i nejmenší čerpadla mají dostačený výkon.

Naproti tomu u velkých kolektorových ploch a při použití dílů s vysokým průtokovým odporem (např. elektricky ovládané ventily, dlouhá spojovací potrubí s mnoha spojovacími oblouky aj.) nesmí být výpočet tlakových ztrát opomenut, aby mohlo být čerpadlo voleno se správným výkonem.

2.6.2 Čerpadlo WILO

V mokroběžných čerpadlech jsou všechny rotující součásti obtékány čerpaným médiem, i rotor motoru. Není tedy potřebné těsnění hřídele, které podléhá opotřebení. Čerpané médium maže kluzné ložisko a chladí ložiska i rotor. Čerpadlo nevyžaduje žádnou údržbu a má mimořádně dlouhou životnost. Na obrázku (Obr. 13) je oběhové mokroběžné čerpadlo pro solární systémy s možností plynulou proměnlivostí otáček (vykazuje charakteristické pole).

U zdvojeného čerpadla jsou oba vnitřky konstruovány identicky. Jsou zamontovány do společného tělesa (s přepínací klapkou). Každé čerpadlo může pracovat samostatně, ale i obě čerpadla současně v paralelním režimu. Zásadní způsoby použití jsou v režimu čerpadel hlavní/rezervní nebo základní/špičkové. Samostatné agregáty lze dimenzovat pro různé výkony. Při použití zdvojených čerpadel lze zařízení přizpůsobit individuálním podmínkám provozu.



Obr. 13: Mokroběžné čerpadlo pro solární systémy

2.7 Regulace

Automatická regulace zabezpečuje optimální výkon systému, chrání ho před poškozením a umožňuje potřebnou regulaci tepla mezi spotřebiči.

2.7.1 Regulační jednotka SCU – II od EKOSOLARIS pro solární systémy vyšší třídy

Regulační jednotka, viz obrázek, (Obr. 14) představuje nový moderní prvek na trhu regulátorů pro solární systémy. Díky její progresivní koncepci sledující aktuální trendy v oblasti měřicí a regulační techniky ji lze s výhodou využít pro řízení všech variant standardních solárních systémů. Své uplatnění ovšem nachází i v širokém spektru aplikací, kde je nutné zabezpečit regulaci složitějších nebo kombinovaných vytápěcích systémů. Na této platformě je navíc možné v krátkém čase a za příznivou cenu připravit i specifickou regulační aplikaci řešící i nestandardní regulační procesy, které by se za běžných okolností musely realizovat pomocí více analogových nebo digitálních jednotek. Mezi silné stránky řídicí jednotky patří také její příjemné ovládání, přesné nastavování funkčních parametrů, prakticky libovolné napájecí napětí, přehledné zobrazení naměřených hodnot a dalších důležitých ukazatelů včetně jejich přenosu do jiných spolupracujících zařízení. Jako vhodný příklad poslouží snadný přenos naměřených dat do počítače, kde je možné jejich další zpracování, archivace i grafická vizualizace. Zvolené technické řešení umožňuje

vzájemnou komunikaci více jednotek, což představuje velmi výkonnou a efektivní spolupráci na jednom i více úkolech vysoké složitosti. Díky velmi příznivému poměru regulačních schopností vůči nízkým pořizovacím nákladům se tato regulační jednotka zařazuje do popředí zájmu ve svém oboru a lze ji považovat za skutečnou odpověď na požadavky trhu po levných a výkonných řídicích systémech v solární a vytápěcí technice.

Funkční vlastnosti:

Řídicí jednotka je vybavena řadou funkcí:

- Nastavení topných priorit
- Automatický i manuální režim
- Nastavování zákaznických i servisních parametrů
- Blokovací funkce
- Testovací funkce včetně simulace činnosti
- Funkce pro havarijní situace
- Funkce pro zobrazení naměřených hodnot včetně grafických výstupů na displeji
- Soubor algoritmů pro standardní i funkčně specifické solární a vytápěcí systémy
- Spolupráce se širokým sortimentem teplotních čidel pro různé aplikace

Základní technické parametry

- Maximální příkon 4 VA při jmenovitém napájecím napětí 230V AC
- Jmenovité napájecí napětí 24 až 230V AC nebo DC
- 4 nezávislá výkonová relé s přepínacím kontaktem
- Maximální zatížení reléových kontaktů 250V / 14A AC
- 4 analogové vstupy
- 1 analogový výstup
- 2 digitální vstupy / výstupy

- Vnitřní zálohované hodiny
- Podsvětlený plně grafický displej
- Paměť konstant
- Teplotní čidla s širokým rozsahem teplot dle aplikace
- Moderní kurzorová klávesnice
- Rozhraní standartu RS485 pro průmyslovou komunikaci s okolím
- Základní stupeň krytí IP20 s možností jeho zvýšení dle aplikace
- Mechanické provedení v modulu 6M pro montáž na lištu DIN



Obr. 14: Regulační jednotka SCU - II

2.7.2 Regulátor čerpadla WILO STARCONTROL STE

Samostatná regulace s monitorováním pro čerpadlo, která reguluje množství průtoku definované na základě výstupní teploty ohřívaného média.

Funkce :

- monitorování množství tepla
- teplota kolektoru
- teplota zásobníku
- volba teploty výstupního toku z kolektoru
- libovolné nastavení diferenční teploty pro zapnutí a vypnutí



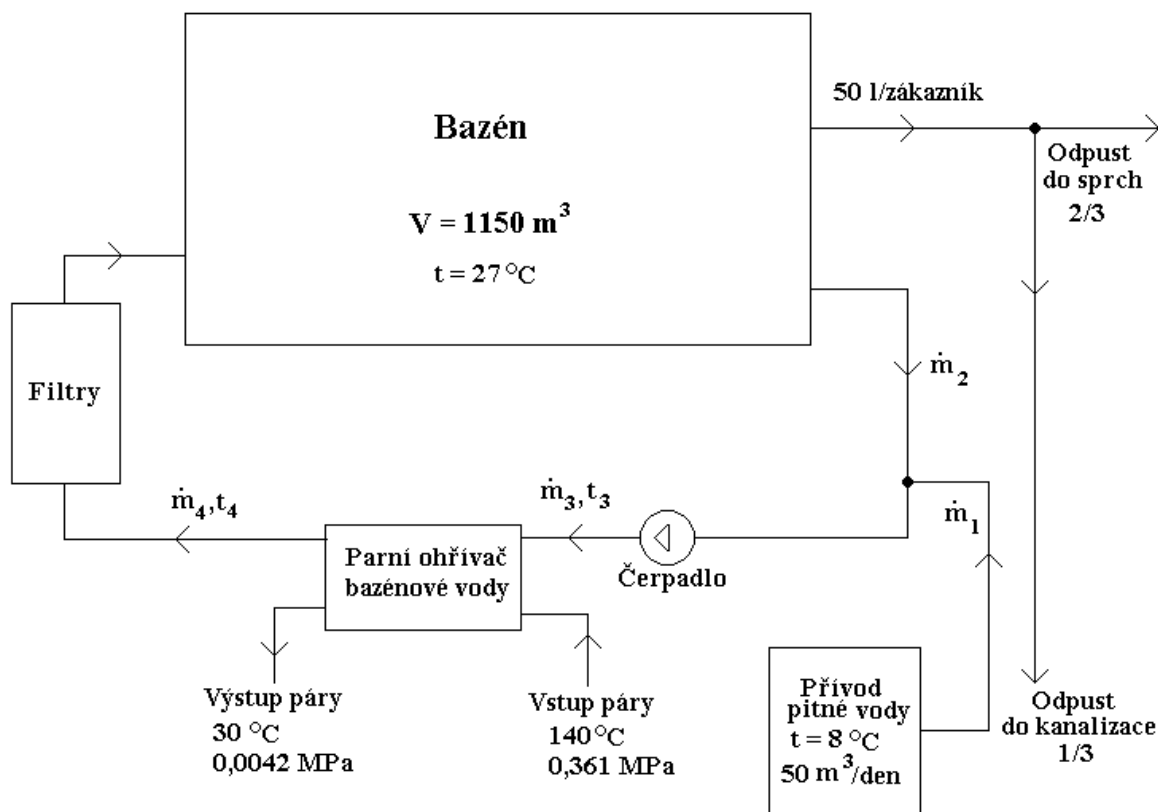
Obr. 15: Regulátor STE

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 NÁVRH SOLÁRNÍHO SYSTÉMU

3.1 Energetická bilance

Situace, naznačená na obrázku (Obr. 16), vykresluje bazén o objemu 1150 m^3 a konstantní teplotě 27°C , který je vestavěn ve betonové vaně na pilířích. Pod bazénovou vanou je prázdná místnost o konstantní teplotě, jež se zhruba rovná teplotě vody v bazénu. Odpust vody z bazénu do filtračního a ohřívacího okruhu je zajištěna přepadovými žlaby po delších stranách a otvory ve dně bazénu. Cirkulace vody v uzavřeném okruhu probíhá nepřetržitě tak, aby se zajistila filtrace celého objemu bazénu za 24 hodin. Část odpouštěné vody je využita pro teplou vodu do sprch, připravovanou pomocí rekuperačního výměníku. Při nedostatečném odběru je voda pouštěna nevyužitá do kanalizace. Odpuštěná voda je nahrazena čerstvou pitnou, aby zůstala úroveň hladiny konstantní.



Obr. 16: Blokové schéma cirkulace bazénové vody

Celková spotřeba energie pro bazén:

$$P_B = P_S + P_Z + P_O \quad (1)$$

kde: P_S – energie pro nutná pro zahřátí vody

P_Z – ztrátová energie prostupem tepla

P_O – ztrátová energie vlivem odparu

3.1.1 Ztráty prostupem

P_Z – ztráty vlivem prostupu tepla do okolí (prostor pod bazénovou vanou). Ztráty přestupem do stěn vany můžeme zanedbat.

Pro ztráty je uvažováno pouze s prostupem tepla dnem bazénové vany do prázdného prostoru pod ní. Ztráty přestupem do stěn bazénu jsou zanedbány vzhledem k jejich teplotě, která je totožná s teplotou vody v bazénu. Teplota pod bazénovou vanou v prázdném prostoru je $26,5^\circ\text{C}$, součinitel prostupu tepla mezi vodou, dnem bazénu a vzduchem je vypočítán v rovnici (2), rozměry bazénu na dně 51 x 26 m. Výpočet ztrátové energie prostupem tepla dnem bazénu je v rovnici (3)

Tabulkové údaje:

$$\text{Přestup – voda} : \alpha_1 = 100 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$$

$$\text{Přestup – vzduch} : \alpha_2 = 15 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$$

$$\text{Tloušťka} : l = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Vodivost} : \lambda = 1,2 \text{ W} / \text{mK}$$

Výpočet součinitele prostupu tepla k:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{l}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{100} + \frac{0,5}{1,2} + \frac{1}{15}} = 2 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K} \quad (2)$$

$$P_Z = S \cdot \Delta t \cdot k = (51 \cdot 26) \cdot (27 - 26,5) \cdot 2 = 1,3 \text{ kW} \quad (3)$$

Ztrátová energie prostupem tepla je vzhledem k velikosti bazénu zanedbatelná.

3.1.2 Ztráty odparem

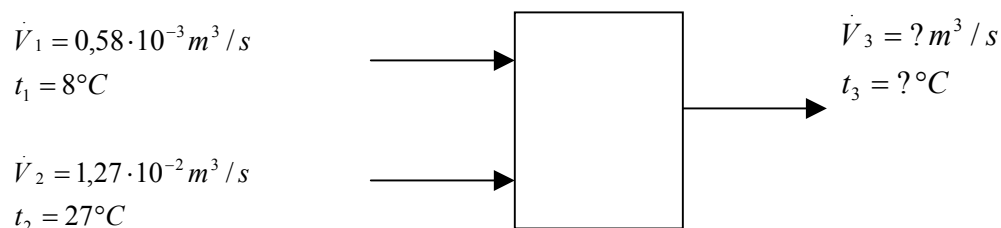
Pro celkovou energetickou potřebu je nutné uvažovat i ztráty odparem, které jsou 164 l/hod. Měrné výparné teplo je 2437 kJ/ kg což činí 111 kW. Výpočet je vyjádřen rovnicí (4).

$$P_o = \frac{164}{3600} \cdot 2437 = 111000 \Rightarrow 111 \text{ kWh} \quad (4)$$

3.1.3 Energie dálkového přívodu páry

K vypočítání celkové spotřeby energie je nutné znát skutečné hodnoty teplot a hmotnostních průtoků, případně tlak páry a podobně viz. obrázek (Obr. 16).

Cirkulace vody probíhá 24 hodin denně, 7 dní v týdnu a to zejména k vůli nepřetržité filtraci vody a zajištění její konstantní teploty, která je 27 °C. Za jeden den projde obvodem 1100 m³ vody a 50 m³ navíc se doplňuje čerstvé pitné. Za 24 hodin se tak doplní ztráty vody odpuštěné do kanalizace, která je na základě údajů správce zimních lázní 50 l/osoba. Z tepelné bilance je zjištěna teplota a hmotnostní průtok t_3 a $\dot{m}_3$. Bilanční schéma je na obrázku (Obr. 17).



Obr. 17: Bilanční schéma směšování studené pitné vody a teplé bazénové vody

Bilanční vztah:

$$\dot{V}_3 \cdot t_3 = \dot{V}_1 \cdot t_1 + \dot{V}_2 \cdot t_2 \quad (5)$$

Z toho:

$$\dot{V}_3 = \dot{V}_1 + \dot{V}_2 = 0,58 \cdot 10^{-3} + 1,27 \cdot 10^{-2} = 1,33 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 / \text{s} \quad (6)$$

Výpočet teploty:

$$\begin{aligned}\dot{V}_3 \cdot t_3 &= \dot{V}_1 \cdot t_1 + \dot{V}_2 \cdot t_2 \Rightarrow t_3 = \frac{\dot{V}_1 \cdot t_1 + \dot{V}_2 \cdot t_2}{\dot{V}_3} = \\ &= \frac{0,58 \cdot 10^{-3} \cdot 8 + 1,27 \cdot 10^{-2} \cdot 27}{1,33 \cdot 10^{-2}} = 26,13^\circ\text{C}\end{aligned}\quad (7)$$

Nyní je známa teplota t_3 , která je nezbytná pro výpočet okamžitého výkonu bazénového ohřívače vody, kterým je spirálový výměník pára - voda. Hmotnostní průtok na vstupu i výstupu z výměníku zůstává stejný.

Výpočet teploty $t_4 = ?$ °C. K výpočtu je nutné hmotnostní průtok, který dostaneme dosazením do rovnice (8). Toto provedeme výpočtem s hustoty vody při teplotě 30 °C, která je $\rho = 995,6 \text{ kg/m}^3$.

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_4 = \rho \cdot \dot{V} = 995,6 \cdot 1,33 \cdot 10^{-2} = 13,24 \text{ kg/s} \quad (8)$$

Výpočet výkonu nutného k zahřátí studené vody z 8 °C na 27 °C

$$P_s = \dot{m} \cdot c_p \cdot (t_2 - t_1) = (0,58 \cdot 10^{-3} \cdot 998,2) \cdot 4180 \cdot (27 - 8) = 46300 \text{ W} \quad (9)$$

Celková bilance potřeby výkonu pro ohřev bazénové vody

$$\begin{aligned}P_B &= P_s + P_z + P_o = \\ &= 46,3 \cdot 10^3 + 1,3 \cdot 10^3 + 111 \cdot 10^3 = 158,6 \cdot 10^3 = 158,6 \text{ kW}\end{aligned}\quad (10)$$

Teplota t_4 se zjistí z výpočtu celkové potřeby energie podle vztahu ()

$$\Delta t = \frac{P_B}{\dot{m}_4 \cdot c_p} = \frac{158,6 \cdot 10^3}{13,24 \cdot 4180} = 2,87 \text{ }^\circ\text{C} \quad (11)$$

kde: c_p – měrné teplo – 4180 J/kgK při 30 °C

$$\Delta t = t_4 - t_3 \Rightarrow t_4 = 26,13 + 2,87 = 29 \text{ }^\circ\text{C} \quad (12)$$

Bazénový parní výměník zapojený do vytápěcího okruhu o objemovém průtoku 13,3 l/s a výkonu 158,6 kW vstupující vodu na 29 °C

3.2 Návrh solárních kolektorů

Jeden z možných postupů při návrhu solárního systému pro ohřívání bazénů je plochu kolektorů zvolit 20%, 30% nebo 40% vodní hladiny. Obvyklé je udělat vždy více návrhů a zjistit energetické zisky a ekonomickou investici a poté se rozhodnout, která varianta bude nejlepší a nejvýhodnější. Toto ovšem záleží na více okolnostech. Například při letním provozu, kdy je doba slunečního svitu na den nejdelší, budou kolektory mít obrovský energetický zisk, tedy přebytek teplé vody. Proto je nutné vodu akumulovat v expanzní nádobě. Ty můžou být samozřejmě instalovány ve větším počtu, podle potřeby skladování teplé vody, počtu dnů a podobně. Naopak při zimním období bude energetický zisk velmi malý. Proto je nutné solární systém instalovat s existujícím parním vytápěním s regulací, tedy dohřevem.

3.2.1 Postup při návrhu solárního systému

1. Navrhne počet kolektorů – může být více variant – velikost absorpční plochy např. 20 ,30 ,40 % vodní plochy bazénu.
2. Výpočet zisků kolektorů pro jednotlivé měsíce provedeme dle tabulek dopadajícího záření a délky slunečního svitu.

*Tab. 10: Trvání slunečního svitu pro jednotlivé měsíce –
Dlouhodobé normály za období 1961 – 1990*

Trvání slunečního svitu pro Holešov [h]					
I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
44,3	70,3	119	167,9	219,6	220
VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
233,8	217,2	161,1	122,4	47,4	37,1

Tab. 11: Průměrná teplota vzduchu pro jednotlivé měsíce –
Dlouhodobé normály za období 1961 – 1990

Průměrné teploty vzduchu pro Holešov [°C]					
I.	II.	III	IV	V	VI
-2,4	-0,3	3,6	8,7	13,7	16,6
VII	VIII	IX	X	XI	XII
18	17,6	13,9	9	3,7	-0,4

Tab. 12: Teoretická doba slunečního svitu pro
charakteristické dny v měsících

Teoretická doba slunečního svitu [h]					
I.	II.	III	IV	V	VI
8,26	10,12	12	13,9	15,7	16,34
VII.	VIII.	IX	X	XI	XII
15,7	13,9	12	10,12	8,26	7,85

Pro kolektory je samozřejmě jedním z nejdůležitějších faktorů pro maximální energetický zisk je jejich orientace a úhel natočení. Logicky a také prakticky se dají kolektory používat pouze při jejich orientaci na jih, aby mohli maximálně využívat energii ze slunečního záření. Dalším důležitým faktorem je jejich sklon. Ten závisí na praktickém využití kolektorů. Tedy jestli je chceme používat celoročně (45°), pouze v létě (30°), a nebo jen v zimě (60°). Toto je dáno výší slunce na obzoru pro jednotlivá období.

Při řešení energetického zisku kolektorů se z tabulky (Tab. 12) nejprve odečte teoreticky možné množství energie dopadající na kolektory za slunečný den v jednotlivých měsících daného období – celoroční.

Tab. 13: Teoretické množství energie za den

Teoreticky možné množství energie dopadajícího za den na plochu v jednotlivých měsících $Q_{s \text{ den teor}}$ [kWh/m ²] pro součinitel znečištění atmosféry $Z = 3$ a sklon kolektorů 45°					
I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
3,40	4,96	6,70	8,06	9,42	9,64
VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
9,42	8,06	6,70	4,96	3,40	2,70

Tab. 14: Střední intenzita slunečního záření

Střední intenzita slunečního záření $I_{stř}$ [W/m ²] pro součinitel znečištění atmosféry $Z = 3$ a sklon kolektorů 45°					
I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
412	490	558	580	600	590
VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
600	580	558	490	412	344

Dále je nutné znát účinnost kolektorů η_k pro jednotlivé měsíce. Ta je velmi důležitá pro určení celkové energetické bilance solárního systému. Účinnost se počítá ze vztahu (13).

$$\eta_k = \frac{q_k}{q_s} = (1 - r) - \frac{(k_1 + k_2) \cdot (t_k - t_v)}{q_s} \quad (13)$$

kde: q_k – Měrný tepelný tok zachycený kolektorem ze vztahu (14)

$$q_k = (1 - r) \cdot q_s - (k_1 + k_2) \cdot (t_k - t_v) \quad [W / m^2] \quad (14)$$

Kde:

q_s – Měrný tepelný tok dopadajícího záření, který je totožný s $I_{stř}$ [W/m^2]

r – Poměrná reflexivní schopnost krycích skel

$r = 0,10$ až $0,15$ při dokonale čistých sklech

$r = 0,15$ až $0,20$ při mírně znečištěných sklech

k_1 a k_2 – součinitelé prostupu tepla (obvykle se počítá se součtovou hodnotou těchto koeficientů $6 W/m^2K$, která je dána pro kolektory s jedním krycím sklem)

t_k – střední teplota absorpční plochy kolektorů, neboli teplota proudící tekutiny

t_v – teplota okolního vzduchu

Δt – označuje se rozdíl teploty kapaliny v kolektoru a střední teploty okolí $\Delta t = t_k - t_v$

Jelikož většina neznámých se dají považovat za konstanty, můžeme vzorec pro účinnost psát ve tvaru:

$$\eta_k = 0,85 - 6 \frac{t_k - t_v}{q_s} \quad (15)$$

Nyní potřebujeme znát střední teplotu vzduchu, tedy pouze v době slunečního svitu, v jednotlivých měsících (viz. Tab. 15).

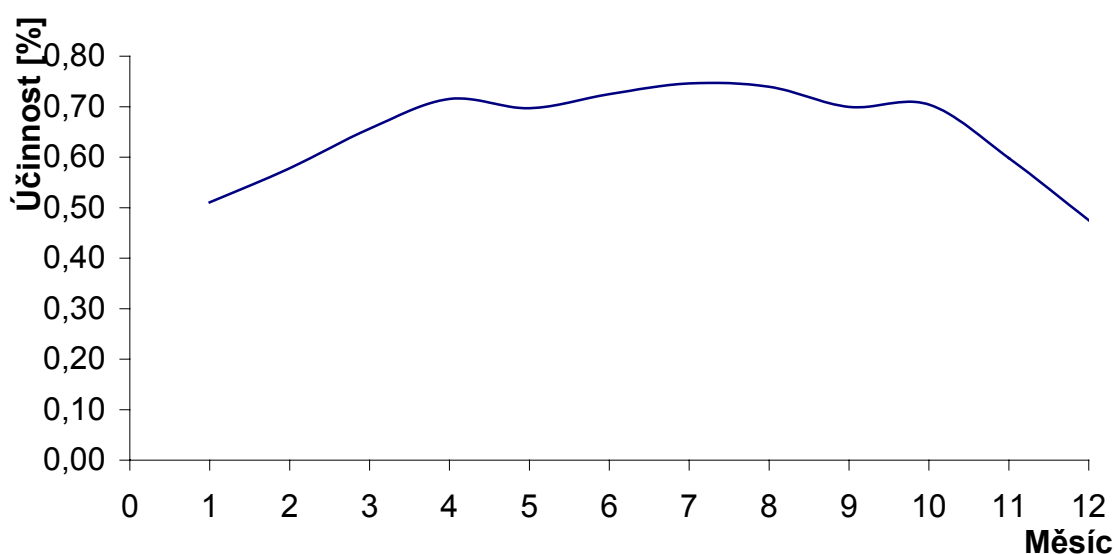
Sestavená podrobná tabulka potřebných hodnot v které budou aplikovány výše zmíněné výpočty. Teplota t_k bude volena libovolně v rozumném rozsahu. Nejčastěji se užívá $+ 5 \text{ } ^\circ\text{C}$ k požadované výstupní teplotě. Výrobce udává, že střední teplota kolektoru Ekostart Therma pro zimní měsíce, lépe řečeno chladnější bude $25 \text{ } ^\circ\text{C}$ a pro teplejší měsíce $32,5 \text{ } ^\circ\text{C}$. Teplota v kolektorech bude regulována objemovým průtokem.

Tab. 15: Střední teplota vzduchu

Střední teplota v době slunečního svitu t_v					
I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
1,7	2,8	7,0	12,0	17,2	20,2
VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
22,1	21,8	18,5	13,1	7,7	3,5

Tab. 16: Výpočet účinnosti kolektoru pro dané klimatické podmínky

Měsíc	t_k	t_v	$t_k - t_v$	$I_{stř}$	η_k	$\eta_k [\%]$
I.	25	1,7	23,3	412	0,51	51
II.	25	2,8	22,2	490	0,58	58
III.	25	7	18	558	0,66	66
IV.	25	12	13	580	0,72	72
V	32,5	17,2	15,3	600	0,70	70
VI	32,5	20,2	12,3	590	0,72	72
VII	32,5	22,1	10,4	600	0,75	75
VIII	32,5	21,8	10,7	580	0,74	74
IX	32,5	18,5	14	558	0,70	70
X	25	13,1	11,9	490	0,70	70
XI	25	7,7	17,3	412	0,60	60
XII	25	3,5	21,5	344	0,48	48



Obr. 18: Graf účinnosti kolektorů v jednotlivých měsících

Výpočet energie, které zachytí kolektory pro klimatické podmínky se počítají s teoretický a skutečných klimatických podmínek pro daná prostředí. Důležité je znát tedy jejich účinnost. Výpočet je naznačen rovnicí (15). Pro skutečně zachycenou energii kolektory je nutné znát i energii teoretickou. Tedy maximální, jakou kolektory můžou zachytit za ideálních podmínek. Tento stav ovšem nastat nemůže. Proto z účinnosti kolektorů a teoreticky možné na ně dopadající energii počítáme skutečně zachycenou energii ze vztahu (16).

$$Q_{směs} = \frac{\tau_{skut}}{\tau_{teor}} \cdot Q_{směsteor} \quad (16)$$

Výpočet skutečně zachycené energii vypočítáme ze vztahu (17).

$$Q_{kměs} = \eta_k \cdot Q_{směs} \quad (17)$$

Tab. 17: Výpočet energie zachycené kolektory

Výpočet energie zachycené kolektory							
Měsíc	$Q_{směsteor}$ [kWh/m ²]	τ_{teor} [h]	τ_{skut} [h]	$\tau_{teor} / \tau_{skut}$	$Q_{směsíc}$ [kWh/m ²]	η_k	$Q_{kměsíc}$ [kWh/m ²]
I.	105,4	256,1	44,3	0,17	18,23	0,51	9,31
II.	138,88	283,4	70,3	0,25	34,46	0,58	19,92
III.	207,7	372,0	119	0,32	66,44	0,66	43,62
IV.	241,8	417,0	167,9	0,40	97,36	0,72	69,66
V	292,02	486,7	219,6	0,45	131,76	0,70	91,84
VI	289,2	490,2	220	0,45	129,79	0,72	94,09
VII	292,02	486,7	233,8	0,48	140,28	0,75	104,65
VIII	249,86	430,9	217,2	0,50	125,94	0,74	93,11
IX	201	360,0	161,1	0,45	89,95	0,70	62,91
X	153,76	313,7	122,4	0,39	59,99	0,70	42,25
XI	102	247,8	47,4	0,19	19,51	0,60	11,67
XII	83,7	243,4	37,1	0,15	12,76	0,48	6,06

Nyní je známa skutečně zachycená energii, kterou dokáže zachytit kolektor o ploše 1 m² a jeho energetický zisk pro dané klimatické podmínky. Ovšem návrh ohřevu TUV se bude skládat z více kolektorů. Proto je nutné spočítat energetický zisk pro počet kolektorů 150 ks o ploše jednoho z nich 1,5 m², dle vztahu (15).

$$Q_{kcelk} = S_c \cdot Q_{kměs} [kWh] \quad (18)$$

Tab. 18: Výpočet energetického zisku celkové plochy kolektorů

Měsíc	$Q_{\text{kměs}} 150\text{ks [kWh]}$
I.	2095,2
II.	4482,2
III.	9813,5
IV.	15673,8
V	20663,3
VI	21169,8
VII	23546,0
VIII	20950,3
IX	14155,9
X	9506,4
XI	2625,4
XII	1363,8

Roční zisk jednoho kolektoru pro klimatické podmínky v okolí města Holešova , na které je návrh aplikován je cca 976 kWh/rok.

Tedy z tabulky (

Tab. 19) plyne, že pro dané klimatické podmínky je zisk jednoho kolektoru 973,64 kWh. Je zřejmé, že vyšel menší údaj, než který prezentuje výrobce. Ale je nutné říci, že údaj sdělovaný výrobcem je pro středoevropské podmínky, tedy hrubý průměr. Pro klimatické podmínky, pro které se tento návrh vztahuje, je energetický zisk celkem nízký. Toto je způsobeno klimatickým průměrem délky slunečního svitu za více než 30 let, kdy na jeden rok připadá 1660,1 hodin slunečního svitu. Ovšem za rok 2002, kdy byla extrémní doba slunečního svitu pro Holešov více jako 2200 hodin. Energetický zisk pro rok 2002 by byl samozřejmě vyšší, odhadem více jako 1300 kWh. Energetický zisk, který je počítán

z dlouhodobého průměru z hlediska vývoje počasí v posledních letech je minimálně zaručený.

Tab. 19: Průměrné hodnoty absorpčních ploch kolektorů

Měsíční průměr pro celkovou absorpční plochu [kWh]	Měsíční průměr pro jeden kolektor [kWh]	Roční průměr pro jeden kolektor [kWh]
12170,46	81,14	973,64

3.3 Návrh potrubního systému

Stanovení průměru potrubí musí být vzhledem k soustavě takové, aby se udržely tlakové ztráty třením v solárním okruhu na nízké úrovni, má smysl volit větší průměr potrubí. Ale pro omezení tepelných ztrát a potřebu energie pro zahřátí média jsou naopak příznivější průměry menší. Dimenze potrubí je v tabulce (

Při navrhování potrubí je důležité stanovení systému propojení kolektorů mezi sebou. Při větších soustavách se kolektory skládají do kolektorových polí. V tomto případě bude jedno pole čítat 5 kolektorů při celkovém počtu 150 ks bude polí 30. Protože je počet kolektorů a průtok kapaliny nesmírně vysoký, budou zapojeny kolektory na dva nezávislé okruhy se samostatným výměníkem a čerpadlem. Počet 75-ti kolektorů ve třech kolektorových polích vedle sebe a pět trojic pod sebou z důvodu vysokého objemového průtoku. Celkový průtok všemi kolektory za předpokladu, že jedním kolektorem bude hodinový průtok 75 l by činil 11250 l/h na vstupu teplonosného média do prvního a výstupu s poslední kolektoru. Proto je rozumnější, rozdělit celý systém na polovinu a dva na sobě nezávislé okruhy. Tím vznikne průtok kolektory na vstupu a výstupu ze systému 5625 l/h, což je mnohem přijatelnější z hlediska tlakových ztrát a navrhování čerpadla a dalších prvků, které je nutné do okruhu zařadit (expanzní nádoby, výměníky).

Tab. 20) pro specifický objemový průtok solárního kolektoru EKOSTART THERMA 75 l/h.

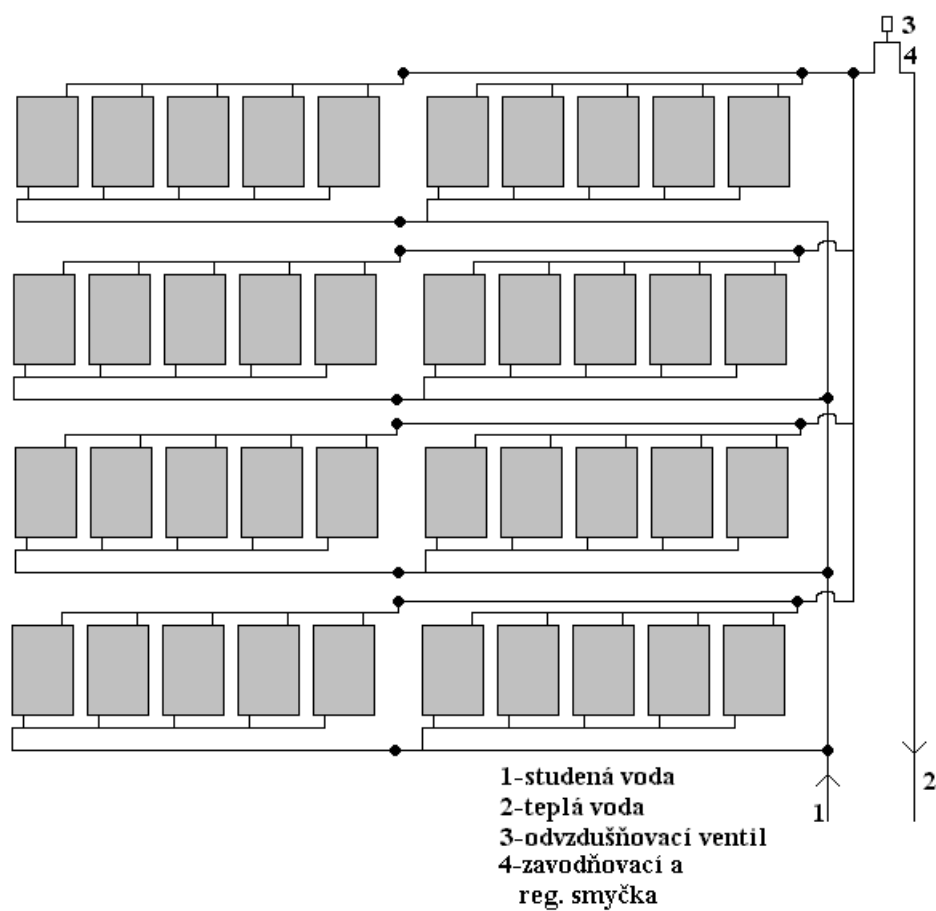
Při navrhování potrubí je důležité stanovení systému propojení kolektorů mezi sebou. Při větších soustavách se kolektory skládají do kolektorových polí. V tomto případě bude jedno pole čítat 5 kolektorů při celkovém počtu 150 ks bude polí 30. Protože je počet kolektorů a průtok kapaliny nesmírně vysoký, budou zapojeny kolektory na dva nezávislé okruhy se samostatným výměníkem a čerpadlem. Počet 75-ti kolektorů ve třech kolektorových polích vedle sebe a pět trojic pod sebou z důvodu vysokého objemového průtoku. Celkový průtok všemi kolektory za předpokladu, že jedním kolektorem bude hodinový průtok 75 l by činil 11250 l/h na vstupu teplotnosného média do prvního a výstupu s posledního kolektoru. Proto je rozumnější, rozdělit celý systém na polovinu a dva na sobě nezávislé okruhy. Tím vznikne průtok kolektory na vstupu a výstupu ze systému 5625 l/h, což je mnohem přijatelnější z hlediska tlakových ztrát a navrhování čerpadla a dalších prvků, které je nutné do okruhu zařadit (expanzní nádoby, výměníky).

Tab. 20: Dimenze potrubí pro solární systém

ks	průtok	průtok	dimenze	ks	průtok	průtok	dimenze
1	75	0,021	18x1	31	2325	0,646	35x1,5
2	150	0,042	18x1	32	2400	0,667	35x1,5
3	225	0,063	18x1	33	2475	0,688	35x1,5
4	300	0,083	18x1	34	2550	0,708	35x1,5
5	375	0,104	22x1	35	2625	0,729	35x1,5
6	450	0,125	22x1	36	2700	0,750	42x1,5
7	525	0,146	22x1	37	2775	0,771	42x1,5
8	600	0,167	22x1	38	2850	0,792	42x1,5
9	675	0,188	22x1	39	2925	0,813	42x1,5
10	750	0,208	28x1,5	40	3000	0,833	42x1,5
21	1575	0,438	35x1,5	52	3900	1,083	42x1,5

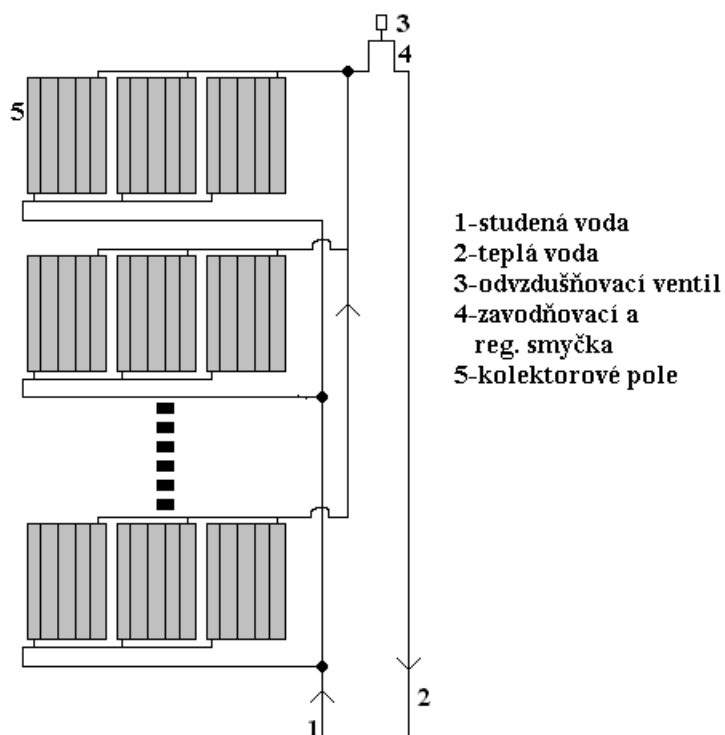
22	1650	0,458	35x1,5	53	3975	1,104	42x1,5
23	1725	0,479	35x1,5	54	4050	1,125	42x1,5
24	1800	0,500	35x1,5	55	4125	1,146	42x1,5
25	1875	0,521	35x1,5	56	4200	1,167	42x1,5
26	1950	0,542	35x1,5	57	4275	1,188	42x1,5
27	2025	0,563	35x1,5	58	4350	1,208	54x2,0
28	2100	0,583	35x1,5	59	4425	1,229	54x2,0
29	2175	0,604	35x1,5	60	4500	1,250	54x2,0
30	2250	0,625	35x1,5	80	6000	1,667	54x2,0

V případě, že máme vysoký počet kolektorů, bude použito paralelní zapojení kolektorového pole, které bude s ostatními poli spojeno sériově (viz Obr. 19).



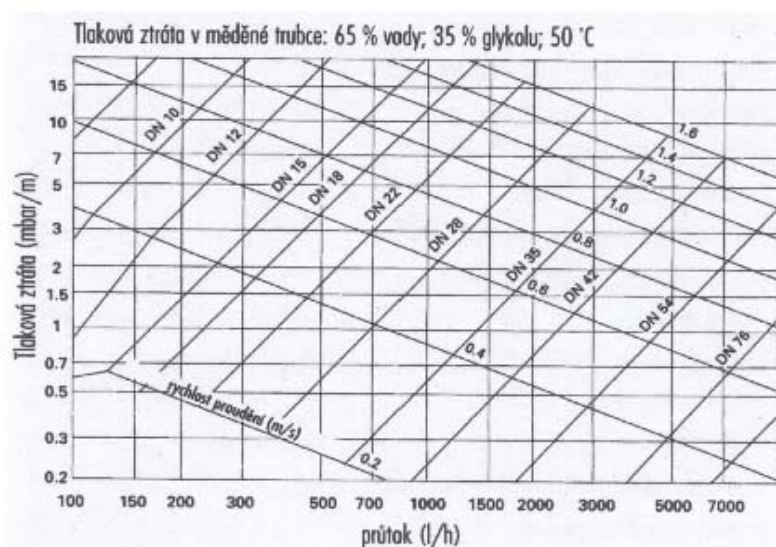
Obr. 19: Zapojení více kolektorových ploch dohromady

Je-li znám systém propojení mezi kolektory a jejich počet, lze určit dimenze potrubí podle tabulky (Tab. 20). Doporučený průtok kolektoru je 50 – 90 l/h. V tomto případě se potrubí dimenzuje na průtok 75 l/h, tedy hodinový průtok jedním kolektorovým polem bude 375 l/h, čemuž odpovídá dimenze 22x1, dvěma poli zapojenými paralelně 750 l/h odpovídá dimenze 28x1,5 a třemi kolektorovými poli spojenými vedle sebe paralelně odpovídá průtok 1125 l/h. Dimenze pro tenhle průtok je stejná, jako v předchozím případě. Pro úsporu místa na střešním prostoru, kde budou kolektory instalovány je tedy vhodné poskládat kolektory tak, aby byli tři pole vedle sebe paralelně spojeny k hlavnímu rozvodu a odvodu teplotnosného média, které je situováno na jedné straně (viz Obr. 20).



Obr. 20: Zapojení všech kolektorových polí

Při návrhu je uvažováno s metodou ekonomických rychlostí, tzn. do 1 m/s a ekonomických ztrát tj. do 300 Pa/m. Tlakové ztráty budou odečteny z diagramu tlakových ztrát měděných a ocelových trubek (viz Obr. 21). Protože není možné zjistit, jaká bude přesná situace v praktické aplikaci solárního zařízení, je nutné si délky potrubí jednotlivých dimenzí stanovit odhadem.



Obr. 21: Tlakové ztráty pro měděné potrubí a danou směs vody a glykolu

Tab. 21: Parametry sběrného potrubí pro studenou vodu

Tlaková ztráta v měděné trubce: 65% vody, 35% glykolu, 50 °C - studená				
Průtok [l/h]	Dimenze	Délka [m]	Tlaková ztráta [mbar/m]	Celková tlaková ztráta [Pa]
5625	54	20	1,5	3000
4500	54	3	0,8	240
3375	42	3	1,75	525
2250	35	3	2	600
1125	28	3	2,1	630
Suma				4995

Tab. 22: Parametry sběrného potrubí pro teplou vodu

Tlaková ztráta v měděné trubce: 65% vody, 35% glykolu, 50 °C - teplá				
Průtok [l/h]	Dimenze	Délka [m]	Tlaková ztráta [mbar/m]	Celková tlaková ztráta

				[Pa]
1125	28	3	2,1	630
2250	35	3	2	600
3375	42	3	1,75	525
4500	54	3	0,8	240
5625	54	32	1,5	4800
Suma				6795

Tab. 23: Parametry sběrného potrubí pro propojení mezi jednotlivými kolektorovými poli – studená voda

Tlaková ztráta v měděné trubce: 65% vody, 35% glykolu, 50 °C - studená, 1 kolektorové pole				
Průtok [l/h]	Dimenze	Délka [m]	Tlaková ztráta [mbar/m]	Celková tlaková ztráta [Pa]
1125	28	20	2,2	4400
750	28	6	1,25	750
375	22	6	1	600
Suma				5750

Tab. 24: Parametry sběrného potrubí pro propojení mezi jednotlivými kolektorovými poli - teplá voda

Tlaková ztráta v měděné trubce: 65% vody, 35% glykolu, 50 °C - teplá, 1 kolektorové pole				
Průtok [l/h]	Dimenze	Délka [m]	Tlaková ztráta [mbar/m]	Celková tlaková ztráta [Pa]
375	22	6	1	600
750	28	6	1,25	750
1125	28	2	2,2	440
Suma				1790

Za předpokladů zmíněných v tabulkách (Tab. 21 –

Tab. 24 , se celkové tlakové ztráty v potrubí vypočítají jako suma jednotlivých sekcí.

$$\Delta p_{\text{potrubí}} = \Delta p_{\text{sběrné}} + \Delta p_{\text{kolektorové}} = (4995 + 4800) + (5750 + 1790) \cdot 15 = 0,125 \text{ MPa} \quad (19)$$

Celková tlaková ztráta potrubí pro jeden okruh je 0,125 MPa pro jmenovitou délku potrubí jednotlivých dimenzí.

Tab. 25: Délky potrubí jednotlivých dimenzí

Dimenze	Délka [m]
54x2,0	58
42x1,5	6
35x1,5	6
28x1,5	176
22x1,0	60
Suma	306

Hodnota tlakové ztráty je určena z diagramu. Tedy ne výpočtem ale odhadem a to pro délky potrubí nikoli celkové, ale tak, jak jsou jejich délky zapojeny za sebou v metrech. Jelikož potrubí obsahuje větší množství prvků, které vykazují hydraulický odpor a tedy tlakovou ztrátu, budeme výsledek pro přibližnou představu počítat dvakrát. Celková ztráta potrubního systému je 0,25 MPa.

Vedení potrubí:

Montáž potrubí má být navržena tak, aby:

- poskytovala pokud možno krátké cesty mezi kolektorem, zásobníkem a místem spotřeby
- potrubí bylo vedeno co nejvíce v suchém prostředí a dalo se méně pracně izolovat
- byl dostatek prostoru pro izolace (tloušťky izolace 30 – 50 mm)
- všechna místa, v nichž může vzniknout vzduchový pytel, mohla být odvzdušněna
- celý systém se dal zcela vyprázdnit

Podle výše zmíněných bodů by se měl řídit každý navržený systém, aby se co nejvíce zamezilo ekonomickým ztrátám systému, nebo dokonce poruchovosti celé soustavy.

3.4 Návrh výměníků

V jedním solárním okruhu budou zabudovány dva tepelné výměníky od firmy INVAR CS, EMMETI. Jeden solární pro ohřev vody v bazénovém okruhu a druhý přímo v zásobníku TUV (EMMETI COMFORT) pro sprchy a jiné odběry vody. Oba solární okruhy budou pracovat paralelně. Mezi filtrem a parním výměníkem budou zapojeny paralelně dva solární výměníky. Systém je navržen tak, aby jeden okruh dodával do bazénového výměníku teplotonosné médium o objemovém průtoku 2000 l/h a do zásobníku TUV 3625 l/h s tím rozdílem, že zásobníky TUV budou pracovat paralelně pouze při odběru vody, nikoliv při ohřevu.

3.4.1 Výpočet výkonových parametrů výměníku

Podle výrobce je jeden z možných způsobů výpočtu výkonu výměníku (viz rovnice (20)) a efektivní tlakové ztráty (viz rovnice (21)). Podle charakteristiky je použit nejvhodnější výměník typ L – 45.

$$Q = f_p \cdot KS \cdot (t_i - t_o) = 0,88 \cdot 670 \cdot (50 - 26,13) = 14073,8 \quad W \quad (20)$$

$$\Delta p_{\text{efekt}} = f_1 \cdot f_2 \cdot \Delta p = 1,1 \cdot 1,23 \cdot 0,1 = 0,14 \text{ bar} = 0,014 \text{ MPa} \quad (21)$$

kde:

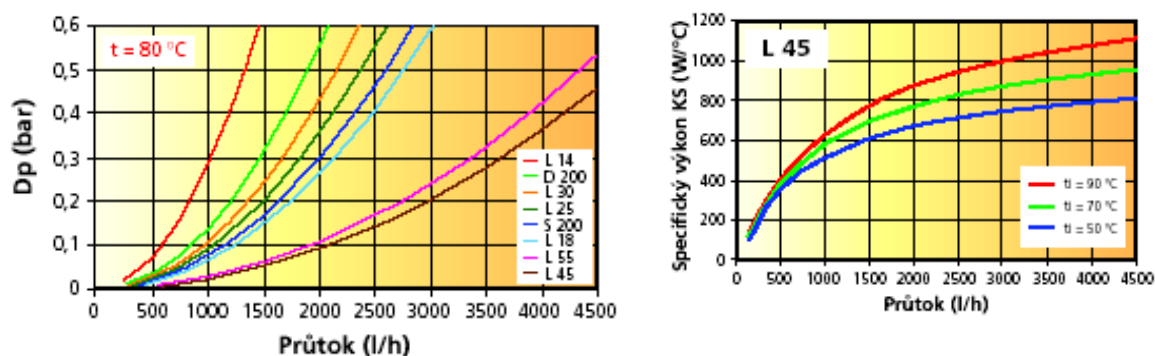
- KS je specifický výkon výměníku
- f_p je koeficient snížení výkonu při použití směsi 65 % vody, 35 % glykol
- t_i je vstupní teplota média (primární okruh)
- t_o je teplota na vstupu do výměníku (sekundární okruh)
- f_1 je koeficient navýšení tlakových ztrát
- f_2 je koeficient zvýšení tlakových ztrát
- Δp_{efekt} je efektivní tlaková ztráta při použití směsi 65 % vody, 35 % glykol
- Δp je tlaková ztráta v okruhu za předpokladu teplotonosného média 100 % voda

ta	f1
70	1,03
60	1,06
50	1,10
40	1,16
30	1,22
20	1,30
10	1,39

Obr. 22: Koeficient navýšení tlakové ztráty v závislosti na teplotě

CV	fp	f2
15%	0,97	1,08
20%	0,95	1,11
25%	0,93	1,15
30%	0,90	1,19
35%	0,88	1,23
40%	0,85	1,26
45%	0,84	1,30

Obr. 23: Koeficienty tlakových ztrát při použití glykolu



Obr. 24: Graf tlakových ztrát ve a výkony vybraného výměníku

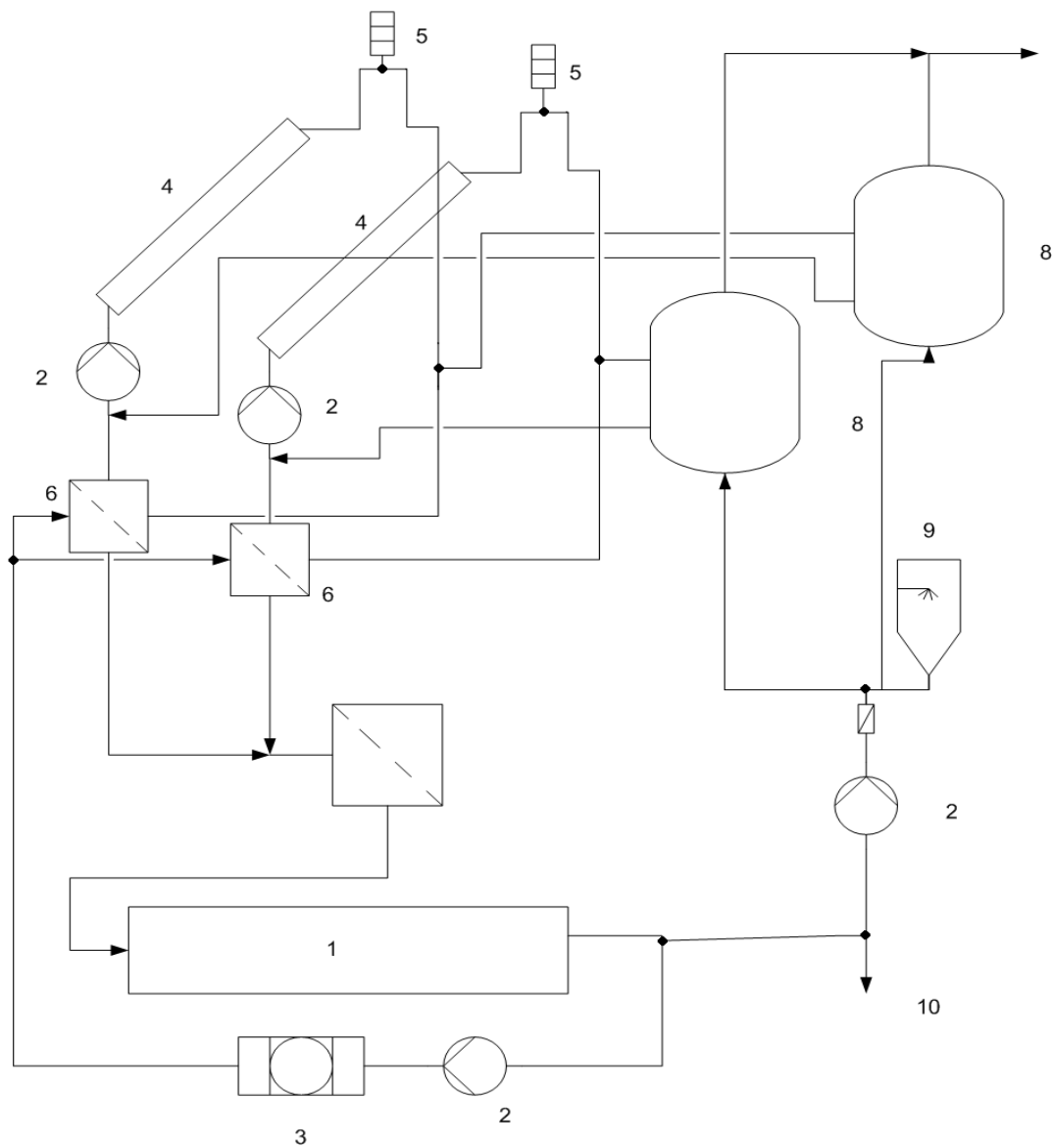
Výpočet výkonových parametrů a tlakové ztráty v zásobníku TUV dle rovnic (20) a (21)

budou:

$$Q = 20856W$$

$$\Delta p_{\text{efekt}} = 0,41\text{bar} = 0,041\text{MPa}$$

Návrh je řešen pro dva tepelné protiproudé výměníky z hlediska dobrého naložení s objemovými průtoky kapalin a jejich výkonů pro ohřev vody tak, jak to dovolují technické parametry použitých výrobků od firmy INVAR CS.



Obr. 25: Propojení dvou nezávislých primárních okruhů

Pozn.: Na obrázku (

Obr. 25) je znázorněno propojení sekundárních (topených) okruhů bez regulace a několika dalších systému patřících do soustavy.

Legenda k obrázku:

1. Bazén
2. Čerpadla
3. Filtr
4. Kolektory
5. Automatický odvzdušňovací ventil
6. Solární protiproudé výměníky
7. Parní výměník
8. Bivalentní zásobník TUV
9. Regulační tlaková nádoba
10. Odpust' vody do kanalizace

3.5 Návrh expanzomatu

Pro návrh expanzomatu je použit program od firmy EKOSOLARIS a je součástí přílohy na CD. Program je tvořen v tabulkovém procesoru EXCEL. Jeho použití je naznačeno na obrázku (Obr. 26)

Dimenzace potrubí

UTB ve Zlíně, Fakulta technologická

rozměr DN	rozměr ["]	rozměr [mm]	objem/bm [l]	délka [m]	objem [l]
15	1/2	18x1	0,201	0,0	0
15	1/2	18x1,5	0,177	0,0	0
20	3/4	22x1	0,314	60,0	18,84
20	3/4	22x1,5	0,284	0,0	0
20	3/4	22x2	0,254	0,0	0
25	1	28x1	0,531	0,0	0
25	1	28x1,5	0,491	176,0	86,416
25	1	28x1,5	0,491	0,0	0
32	5/4	35x1	0,855	70,0	59,85
32	5/4	35x1,5	0,804	6,0	4,824
32	5/4	35x2	0,755	0,0	0
40	6/4	42x1	1,257	0,0	0
40	6/4	42x1,5	1,195	6,0	7,17
40	6/4	42x2	1,134	0,0	0
50	2	54x1,5	2,043		0
50	2	54x2	1,963	58,0	113,854
kolektorové pole - Ekostart Therma					72,75
celkový objem potrubí				376,0	363,70
objem ostatních prvků					20,00

počet kolektorů				k	75	ks
objem kapaliny v kolektoru				V _k	0,97	l
statická výška				h _{st}	12,0	m
celkový objem primárního okruhu				V _c	383,70	l
objemová změna náplně Solarenu				v	0,04	
zvětšení objemu náplně				V _z	15,35	l
objemová rezerva v litrech (min. 1 liter)				V _v	5,76	l

odfukový tlak pojistného ventilu				$p_{\max}$	0,90	MPa
povolený maximální koncový přetlak				p_e	0,85	MPa
tlak par Solarenu u soustav				p_d	0,050	MPa
předtlak na dusíkové straně tlakové expanzomatu				p_o	0,170	MPa
jmenovitý objem expanzomatu s membránou				V_n	131,1	l

Soustavu natlakovat za studena na přetlak	0,05	MPa.
Přetlak na dusíkové straně pak bude	0,17	MPa.
Instalujte nejbližší vyšší expanzomat k objemu	131,1	litrů

Obr. 26: Program pro návrh expanzomatu

Podle programu vyšla instalace expanzomatu vyšší jako 131,1 litrů o maximálním provozním tlaku 1,5 MPa. Vhodný expanzomat je od firmy REXLEX s označením REFLEX S pro solární soustavy s maximálním provozním tlakem 10 bar (1 MPa), maximální teplotou 120 °C s trvalým zatížením membrány 70 °C. Nádoba je rovněž vhodná pro použití směsi vody a nemrznoucí směsi.

3.6 Návrh čerpadla

Pro návrh čerpadla je nutné znát několik základních informací o systému, jako jsou např. tlakové ztráty, objemový průtok, dopravní výška a pod. Pro kolektorový (primární) okruh platí toto doporučení: 1/3 z celkového průtočného odporu má připadat na celkovou plochu kolektorů, 1/3 na tepelný výměník a 1/3 na potrubí.

$$\begin{aligned} \Delta p_{\text{celk}} &= \Delta p_{\text{kolektorů}} + \Delta p_{\text{výměníků}} + \Delta p_{\text{potrubí}} = \\ &= 0,06 + (0,041 + 0,014) + 0,25 = 0,365 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (22)$$

Vzhledem k velkému počtu kolektorů a následně vysokým délkám potrubí není možné tohoto doporučení dosáhnout.

Dopravní výška je zvolena 5 m, statická výška 12 m.

K výpočtu je použit program od firmy WILO, WILO SELECT 2.2, která se zabývá výrobou mokroběžných čerpadel pro solární systémy s proměnnými otáčkami. Do programu se zadává typ čerpadla, typ média a jeho teplota a hodinový průtok, poté se vybere systém, ve kterém má čerpadlo pracovat. V tomto případě je to systém uzavřený (solární – primární). Program vypočítá charakteristiku média (tlakové ztráty, výtlačnou výšku) a nabídne pracovní charakteristiky čerpadel a jejich typy. Pro tento případ je vhodné čerpadlo typu TOP – E s charakteristickým polem (čerpadlo má plynule měnitelné otáčky, viz. (

Obr. 29)).

Operating Data

Catalogue
Circulating pumps

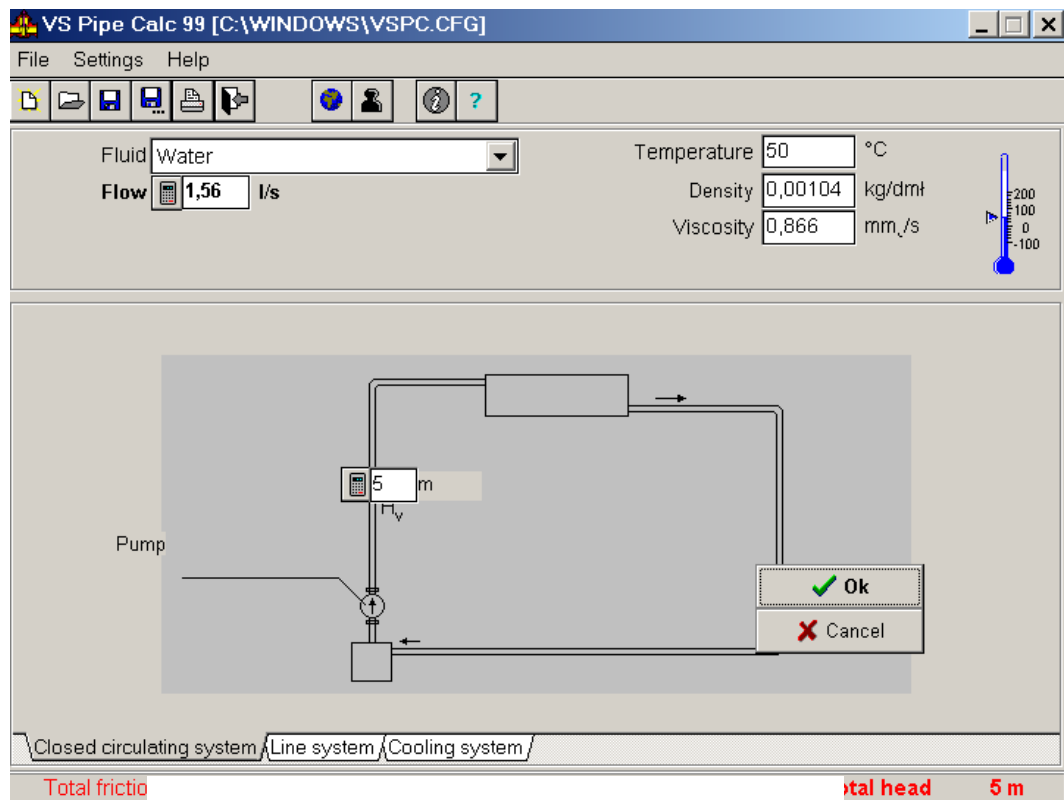
Installation
Flow : 1.6 l/s
Total head : 5.0 m
Static head : 0 m
Duty point calculation
Max. working pressure (Pressure rating) 6

Fluid
Design temperature : 50 °C
Pumped fluid : Ethyleneglycol 34%
Density : 1.04 kg/dm³
Kinematic viscosity : 0.866 mm²/s
New fluid

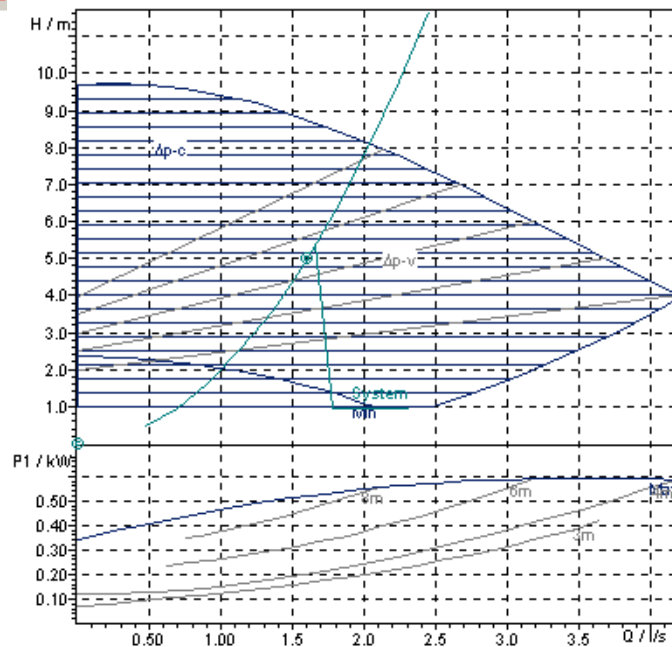
Design
Pumping plant layout : Single head pump
+ 1 standby pump

OK
Cancel
p > H
Meas.syst.

Obr. 27: Program WILO SELECT 2.2 – výběr čerpaného média



Obr. 28:



Program WILO
SELECT 2.2 -
výběr systému
(uzavřený)

Obr. 29: Charakteristické pole čerpadla

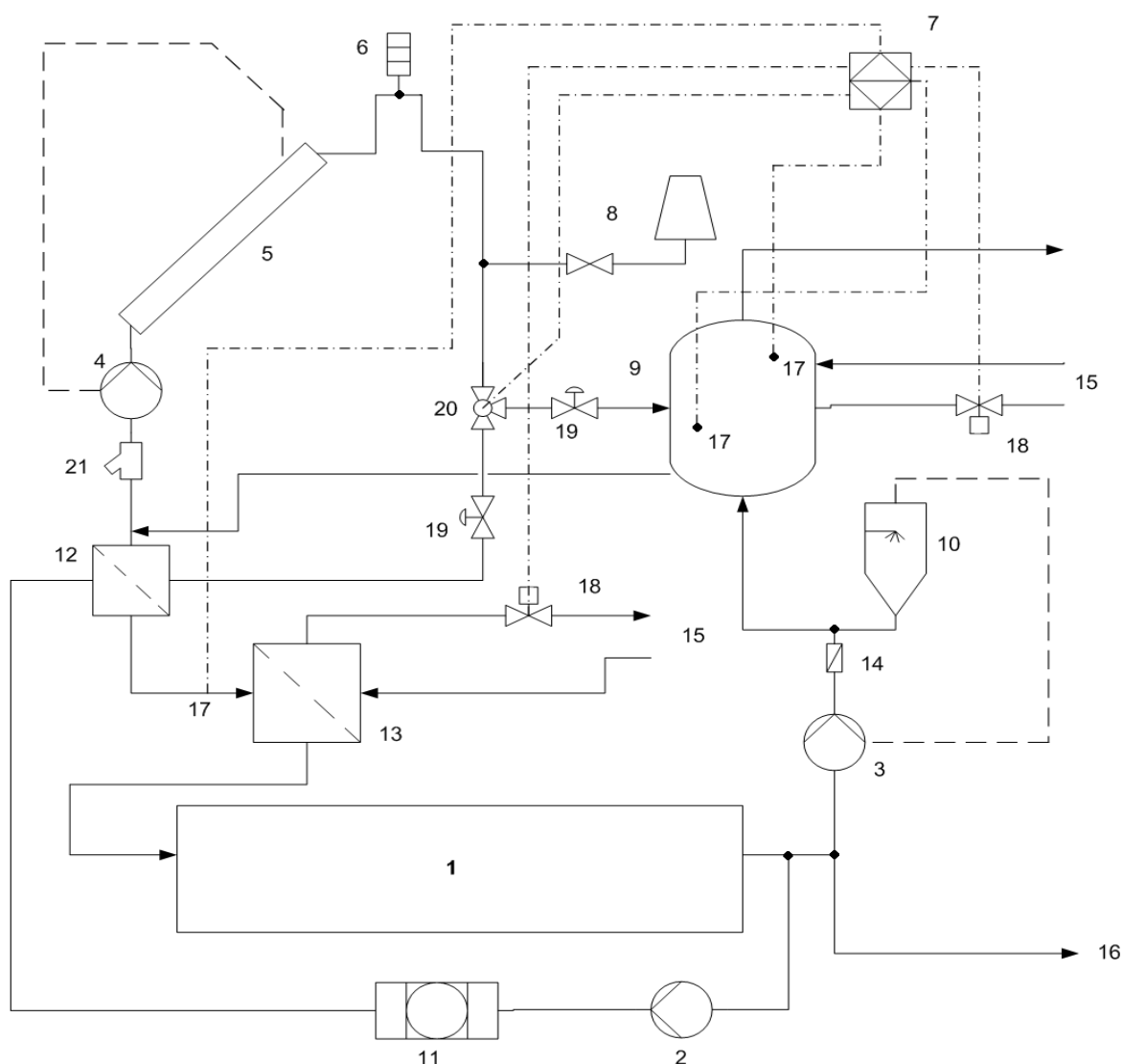
3.7 Návrh řízení a monitorování

Na obrázku (Obr. 30) je schématicky znázorněn jeden solární systém ze 75-ti kolektory na ohřev bazénové vody a ohřev TUV využívané do sprch apod. Jeden z možných návrhů regulace je udělat několik samostatných prvků s více regulátory, které můžou být elektronické, pneumatické, nebo hydraulické. Z hlediska jednoduchosti jsou použity tři regulační prvky. Pro čerpadlo je samostatná regulace WILO – STARCONTROL STE, která řídí čerpadlo vzhledem k teplotě v kolektorech tak, aby nedošlo k havarijnímu stavu systému a výstupní teplota média byla ideální k potřebám. Tj. když je teplota v kolektorech příliš vysoká (předem definovaná hladina), otáčky čerpadla se nastaví na vyšší, aby se docílilo ochlazení teplotnosného média a naopak. Při minimální teplotě se systém zastavuje úplně a přechází se na parní ohřev, který je záležitostí jednoduchého regulátoru PLC se dvěma vstupy a dvěma výstupy, eventuelně o dvakrát více pro regulaci jedním PLC obou systémů. Pro doplňování vody do zásobníků TUV je použita tlaková regulace na způsobu domácí vodárny. Čerpadlem se plní tlaková nádoba, která doplňuje zásobníky TUV. Při vysokém tlaku v nádobě (nádoba je plná) se čerpadlo zastavuje a bazénová vody je nevyužita a teče do kanalizace. Nádoba samospádem doplňuje zásobníky TUV. Naopak při nízkém tlaku v nádobě je uvedeno do chodu čerpadlo, aby byla znovu doplněna.

Jednoduchý regulátor PLC by v tomto návrhu slouží pouze pro regulaci ventilů na chod páry. Teplotní senzory (před parním výměníkem a v zásobníku TUV) jsou nastaveny limitně na požadovanou teplotu. Konkrétně před parním výměníkem na 32 °C a v zásobníku TUV na 50 – 60 °C. V momentě, senzor zaznamená pokles teploty pod 32 °C,

uvádí se do chodu elektroventil, který zabezpečuje přívod páry do výměníku a ohřívá bazénovou vodu na potřebnou teplotu. Senzor v zásobníku TUV by měl stejnou funkci. V případě, že teplota v zásobníku překročí stanovenou mez, naopak se parní ohřev vypíná.

Navržený systém regulace je pouze jedním z mnoha, které se dají aplikovat. Většina výrobců komponent pro solární systém dodává vlastní regulátory, které ovládají celou soustavu, nebo jen její část. Např. výše zmíněná samostatná regulace otáček čerpadla podle stavu teploty v kolektorech.



Obr. 30: Návrh systému regulace

Legenda k obrázku (Obr. 30):

1. Bazén

2. Oběhové čerpadlo zajišťující filtrační a dohřívací okruh. Běží stále
3. Čerpadlo dolňující vodu do tlakové nádoby
4. Čerpadlo pro primární solární systém s automatickou regulací
5. Solární kolektory
6. Automatický odvzdušňovací ventil na regulační smyčce
7. Programovatelný automat
8. Expanzomat s uzavíracím ventilem
9. Bivalentní zásobník TUV se dvěma zdroji energie
10. Tlaková nádoba pro dopouštění vody do zásobníku TUV
11. Bazénový filtr
12. Solární protiproudý výměník
13. Parní výměník pro dohřev vody
14. Zpětná klapka
15. Přívod a odvod páry
16. Odpust' vody do kanalizace
17. Teplotní čidla
18. Uzavírací elektromagnetický ventil páry
19. Ventily pro ladění průtoku
20. Trojcestný ventil
21. Filtr čerpadla

Čáry:

- čerchovaně: vodiče regulace PLC
- čárkovaně: vodiče
- samostatné regulace
- plně: potrubí

Jednoduchý program pro PLC ve vývojovém prostředí MOSAIC 1.0, od firmy TECOMAT by mohl vypadat následovně:

```
#def cidlo1      X0.1  P 0
#def cidlo2      X0.2          ld    cidlo1
#def cidlo3      X0.3          wr    ventil1
#def ventil1     Y0.1          ld    cidlo2
#def ventil2     Y0.2          wr    ventil2
#def ventil3     Y0.3          ld    cidlo3
                                   wr    ventil3
                                   E 0
```

Princip programu: nejprve se nadefinují názvy vstupů a výstupu (cidlo, ventil). Tento způsob je zjednodušení práce programátorům pro přehlednost programu. Pomocí příkazu ld (load – načtení) se načte limitní stav čidla. Automat vyhodnotí změnu a příkazem wr (write – zápis) aktivuje uzavírání nebo otevírání ventilu. Podle toho, jak je zařízení nastaveno. Program s vizualizací je v příloze na CD.

Program je jen malým zlomkem toho, co vývojové prostředí MOSAIC poskytuje. Celý systém by bylo možné naprogramovat nespočetně mnoha jinými řešení, kde se např. ošetří veškeré havarijní stavy, které mohou v tomto systému nastat.

Oproti tomu lze použít i jiný typ regulace, než programovatelný automat. Např. mikropočítač, nebo již zmíněná regulace od autorizovaných dodavatelů. Tyhle aspekty, které se nachází při řešení těchto problémů, jakou regulaci si vybrat, záleží na přání zákazníků, situaci, která je nutná řešit apod.

Monitorování systému může být navrženo opět několika způsoby. Použitá regulace čerpadla obsahuje vlastní systém monitorování. Do systému je možné zařadit i více senzorů na snímání např. okamžitého výkonu výměníku, spotřeby páry atd. které je možné svést do jednoho místa na centrální monitor PC.

3.8 Ekonomické hodnocení projektu

Tab. 26: Cenový návrh technického řešení

Název položky	ks	cena/ks	cena celkem
Ekostart Therma	150	10 990,00 Kč	1 648 500,00 Kč
Expanzomat REFLEX	2	15 800,00 Kč	31 600,00 Kč
Trubkový výměník - bazén	2	47 000,00 Kč	94 000,00 Kč
Trubkový výměník - zásobník TUV	2	47 000,00 Kč	94 000,00 Kč
Zásobník TUV - EMMETI	2	77 100,00 Kč	154 200,00 Kč
Měřič tepla	3	25 600,00 Kč	76 800,00 Kč
Regulace - čerpadlo	1	20 000,00 Kč	20 000,00 Kč
PLC	1	15 200,00 Kč	15 200,00 Kč
Čerpadlo WILO	3	26 800,00 Kč	80 400,00 Kč
Potrubí Cu pr. 22	120	90,00 Kč	10 800,00 Kč
Potrubí Cu pr. 28	352	130,00 Kč	45 760,00 Kč
Potrubí Cu pr. 35	12	250,00 Kč	3 000,00 Kč
Potrubí Cu pr. 42	12	315,00 Kč	3 780,00 Kč
Potrubí Cu pr. 54	116	530,00 Kč	61 480,00 Kč
Izolace potrubí 22/13	120	110,00 Kč	13 200,00 Kč
Izolace potrubí 28/13	352	120,00 Kč	42 240,00 Kč
Izolace potrubí 35/13	12	143,00 Kč	1 716,00 Kč
Izolace potrubí 42/13	12	170,00 Kč	2 040,00 Kč
Izolace potrubí 54/13	116	240,00 Kč	27 840,00 Kč
Nemrzoucí směs - Solaren	500	55,00 Kč	27 500,00 Kč
Montáž	1	500 000,00 Kč	500 000,00 Kč
Ostatní	1	1 000 000,00 Kč	1 000 000,00 Kč
Doprava materiálu	1	50 000,00 Kč	50 000,00 Kč

Celkem	4 004 056,00 Kč
DPH 19%	760 770,64 Kč
Celkem s DPH	4 764 826,64 Kč

Základní kritérium ekonomického hodnocení je tzv. prostá doba návratnosti -tj. doba, za kterou se vložená investice kapitálově vrátí. Pokud se vložené investice vrátí dříve než je životnost zařízení, pokládá se investice jako ekonomicky únosná.

V našem případě jsou investiční náklady $N = 4\,004\,056,00$ Kč

Úspory použitým zařízením za dobu jednoho roku jsou $U = 1\,591\,89,61$ Kč

Provozní náklady jsou $PN = 824,00$ Kč

$$T = \frac{N}{U - PN} = \frac{4004056}{159189,61 - 824} = 25,28 \text{ [let]} \quad (23)$$

Tab. 27: Tarifní sazby

Roční zisk kolektorů [kWh]	146045,52
----------------------------	-----------

Cena tepla [Kč/kWh]	1,09
Úspora za teplo [Kč/rok]	159189,61
El. energie [kWh/rok]	800,00
Cena el. energie [Kč/kWh]	1,03
Náklady el. energie [Kč/rok]	824,00
Životnost [let]	30,00
Náklady projektu [Kč]	4004056,00
Náklady provozu [Kč/rok]	824,00
Doba návratnosti [let]	25,28

Vynaložená investice do podobně rozměrného systému není vždy výhodná ekonomicky. Má však ale i jiný význam, a to dopad na životní prostředí, které je i tak příliš vytížené průmyslovou výrobou energie a jejím ne hospodárným zacházením.

ZÁVĚR

V práci byl proveden návrh řešení využití solárních kolektorů pro ohřev bazénové vody a teplé vody v zimních lázních. Aplikace byla provedena pro podmínky městské lázně Zlín. Systém je napojen na existující stav využívající základní zdroj energie – dálkový přívod páry. Po zpracování bilanční analýzy objektu byl zjištěn stav obrovské spotřeby energie pro vytápění, přípravu TUV a ohřev bazénové vody, která vykazuje nejen vysoké ekonomické nároky, ale především zátěž pro životní prostředí při její výrobě a nehospodárné spotřebě.

Technické řešení prokázalo, že využití solárního zařízení a jeho komponent je možné a dostupné, technická proveditelnost je prověřena na jiných případech využití.

Problémem zůstávají investiční náklady zařízení, které se vrací za ekonomicky nevýhodnou dobu. Jako ekonomické měřítko byla zvolena prostá doba návratnosti na základě vstupů investičních nákladů, provozních nákladů a finančních úspor, promítnuty do provozních nákladů za elektrickou energii vyšla doba návratu $T = 26$ let. Ekonomická životnost strojních zařízení na základě účetních odpisů se předpokládá 12 let. Z výše uvedeného je zřejmé, že investice pro využití sluneční energie není po dobu života strojního zařízení návratné.

Cílem této práce bylo čtenářům vysvětlit výhody a nevýhody tohoto stále více se rozvíjejícího energetického odvětví využívajícího obnovitelného zdroje energie.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Daniels,K.: *Technika budov*. JAGA 2003
- [2] Cihelka,J.: *Vytápění a větrání*. SNTL Praha 1985
- [3] Cihelka,J.: *Sluneční vytápěcí systémy*. SNTL Praha. 1984
- [4] Humm,O.: *Nízkoenergetické domy* GRADA, 1999
- [5] Ladener,H., Späte,F.: *Solární zařízení* GRADA, 2003
- [6] ČSN 06 0210 *Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění*
- [7] ČSN EN 12383 *Heating systems in Buildings – Method for calculation of design heat load*
- [8] *Energetický audit objektu Lázně Zlín*. 2003
- [9] ČSN 06 0320 *Ohřívání užitkové vody. Navrhování a projektování*
- [10] *Dimenzování zásobníků teplé vody*. Firemní literatura Buderus.1999
- [11] ČSN 01 3452 *Výkresy ústředního vytápění*
- [12] ČSN EN 12098 *Regulace otopných soustav*
- [13] *Katalog výrobků, EkoSolaris*. Dostupný z WWW:
<<http://www.ekosolaris.cz/>>.
- [14] *Základní technická data solárních kolektorů sokol*. Dostupný z WWW:
<<http://www.bmckovo.cz/>>.
- [15] *Expanzní nádoby reflex – technické dokumentace*. Dostupné z WWW:
<<http://www.reflex.cz/>>.
- [16] *Zásobníky TUV EMETTI – technické dokumentace*. Dostupné z WWW:
<<http://www.ivarcs.cz/>>.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Dostupnost těžitelnosti zásoby zdrojů	10
Obr. 2: Ztráty solárního záření při průchodech atmosférou	12
Obr. 3: Podíl difúzního a globálního záření.....	13
Obr. 4: Kolektor EKOSTART THERMA	18
Obr. 5: Kolektory EKOSTART THERMA II	20
Obr. 6: Kolektor SOKOL 1.1.....	21
Obr. 7: Kolektor SOKOL 1.2.....	23
Obr. 8: Schéma paralelního řazení kolektorů	25
Obr. 9: Solární zásobník EMMETI	30
Obr. 10: Technické parametry EMETTI COMFORT	31
Obr. 11: Příklad použití zásobníku TUV	31
Obr. 12: Expanzní nádoba reflex S.....	32
Obr. 13: Mokroběžné čerpadlo pro solární.....	34
Obr. 14: Regulační jednotka SCU - II	36
Obr. 15: Regulátor STE	37
Obr. 16: Blokové schéma cirkulace bazénové vody.....	39
Obr. 17: Bilanční schéma směšování studené pitné vody a teplé bazénové vody.....	41
Obr. 18: Graf účinnosti kolektorů v jednotlivých měsících	48
Obr. 19: Zapojení více kolektorových ploch dohromady.....	54
Obr. 20: Zapojení všech kolektorových polí	54
Obr. 21: Tlakové ztráty pro měděné potrubí a danou směs vody a glykolu.....	55
Obr. 22: Koeficient navýšení tlakové ztráty v	60
Obr. 23: Koeficienty tlakových ztrát	60
Obr. 24: Graf tlakových ztrát ve a výkony vybraného výměníku	60
Obr. 25: Propojení dvou nezávislých primárních okruhů.....	61
Obr. 26: Program pro návrh expanzomatu.....	64
Obr. 27: Program WILO SELECT 2.2 – výběr čerpaného média.....	66
Obr. 28: Program WILO SELECT 2.2 - výběr systému (uzavřený)	66
Obr. 29: Charakteristické pole čerpadla	67
Obr. 30: Návrh systému regulace	68

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Poměry velikostí Slunce – Země.....	13
Tab. 2: Výkony zářivé energie.....	13
Tab. 4: Typická denní nabídka záření na jižně orientované kolektory.....	14
Tab. 5: Technická data kolektoru EKOSTART THERMA.....	17
Tab. 6: Technická data kolektoru EKOSTART THERMA II.....	19
Tab. 6: Technické parametry kolektoru SOKOL 1.1.....	21
Tab. 8: Rozšířené technické parametry kolektoru SOKOL 1.1.....	22
Tab. 8: Technické parametry kolektoru SOKOL 1.2.....	23
Tab. 9: Rozšířené technické parametry kolektoru SOKOL 1.2.....	24
Tab. 10: Trvání slunečního svitu pro jednotlivé měsíce –.....	43
Tab. 11: Průměrná teplota vzduchu pro jednotlivé měsíce –.....	44
Tab. 12: Teoretická doba slunečního svitu pro.....	44
Tab. 13: Teoretické množství energie za den.....	45
Tab. 14: Střední intenzita slunečního záření.....	45
Tab. 15: Střední teplota vzduchu.....	47
Tab. 16: Výpočet účinnosti kolektoru pro dané klimatické.....	47
Tab. 17: Výpočet energie zachycené kolektory.....	49
Tab. 18: Výpočet energetického zisku celkové.....	50
Tab. 19: Průměrné hodnoty absorpčních ploch kolektorů.....	51
Tab. 21: Dimenze potrubí pro solární systém.....	52
Tab. 23: Parametry sběrného potrubí pro studenou vodu.....	55
Tab. 24: Parametry sběrného potrubí pro teplou vodu.....	55
Tab. 25: Parametry sběrného potrubí pro propojení mezi jednotlivými kolektorovými poli – studená voda.....	56
Tab. 26: Parametry sběrného potrubí pro propojení mezi jednotlivými kolektorovými poli - teplá voda.....	57
Tab. 27: Délky potrubí jednotlivých.....	58
Tab. 28: Cenový návrh technického řešení.....	70
Tab. 29: Tarifní sazby.....	72