

## Abstrakt

### Využití solární energie pro ohřev bazénu

V této bakalářské práci budu řešit problematiku solárního systému pro ohřev vody v bazénu. Pro ohřev je použit jednookruhový systém s přímým ohřevem bazénové vody. Výpočet je zaměřen na návrh velikosti plochy kolektoru, energetickou bilanci systému a návratnost systému.

**Klíčová slova:**

kolektory  
solární systém  
ohřev  
tepelná energie  
bazén

## Abstract

### Utilizing of solar energy for swimming pool heating

In this bachelor's work I will tackle problems of solar system for swimming pool water heating. For heating – up has been used a one-circle system with through heating swimming pool water. The calculation has been intent on concept of collector area size, balance of energy system and economic return of solar system.

**Key words:**

collecors  
solar system  
heating  
thermal energy  
swimming pool

### **Bibliografická citace:**

VITULA, M. Využití solární energie pro ohřev bazénu. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 54 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma:

**Využití solární energie pro ohřev bazénu**

vypracoval samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce pana doc. Ing. Jiřího Pospíšila, Ph.D. a s použitím uvedené literatury.

V Kuřimi dne 12. května 2009

.....

## Poděkování

Za pomoc, cenné připomínky a rady při zpracování bakalářské práce děkuji vedoucímu práce panu doc. Ing. Jiřímu Pospíšilovi, Ph.D.

## OBSAH

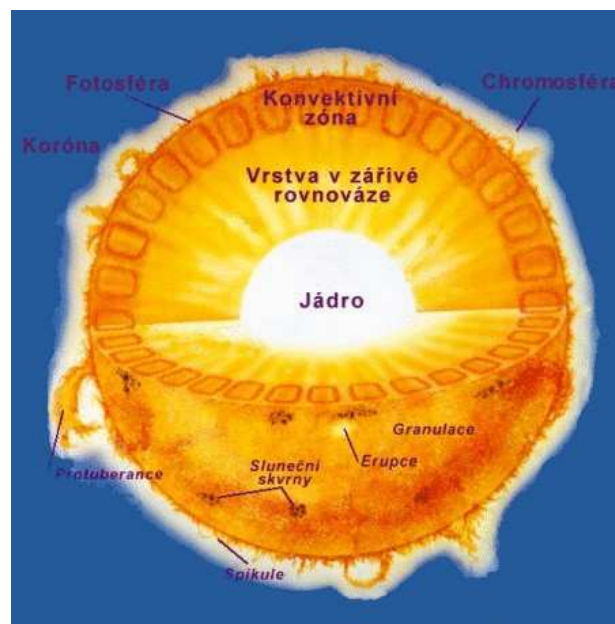
1. SOLÁRNÍ ENERGIE A JEJÍ VLASTNOSTI .....	6
1.1. Obecné informace o Slunci .....	6
1.2. Sluneční záření .....	7
1.2.1. Přeměna slunečního záření na jiné druhy energie .....	8
1.3. Kritéria a podmínky pro využívání sluneční energie v ČR .....	11
1.4. Přednosti a nedostatky solární energie .....	12
2. SYSTÉMY A ZAŘÍZENÍ PRO OHŘEV VODY V BAZÉNU .....	13
2.1. Elektroohřev .....	13
2.2. Tepelná čerpadla .....	15
2.3. Solární systémy .....	19
3. ZÁKLADNÍ ČÁSTI SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ .....	23
3.1. Absorbér či kolektor .....	23
3.2. Solární výměník tepla .....	25
3.3. Potrubí .....	26
3.4. Oběhové čerpadlo .....	27
3.5. Armatura .....	28
3.6. Expanzní nádoba .....	28
3.7. Automatická regulace .....	28
3.8. Teplonosná kapalina .....	29
4. ZPŮSOBY ZAPOJENÍ SOLÁRNÍHO SYSTÉMU PRO OHŘEV VODY V BAZÉNU .....	30
4.1. Přímoprůtočný jednookruhový systém .....	30
4.2. Dvouokruhový systém s výměníkem tepla .....	31
4.2.1. Systém s dodatečným ohřevem .....	32
5. VÝPOČET PLOCHY SOLÁRNÍCH ABSORBÉRŮ .....	33
5.1. Základní informace a požadavky .....	33
5.2. Výpočet plochy absorbérů s nočním zakrýváním vodní hladiny .....	34
5.3. Výpočet plochy absorbérů bez nočního zakrývání vodní hladiny .....	42
6. NAVRHOVANÁ VARIANTA A JEJÍ POŘIZOVACÍ CENA .....	47
6.1. Navrhovaná varianta a typ zapojení .....	47
6.2. Komponenty solárního systému a jejich cena .....	48
6.3. Návratnost investic .....	49
7. ZÁVĚR .....	51
8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	52
9. SEZNAM POUŽITÝCH VELIČIN .....	53

# 1. SOLÁRNÍ ENERGIE A JEJÍ VLASTNOSTI

## 1.1. Obecné informace o Slunci

Slunce je obrovská žhavá koule, které vděčíme za existenci života na Zemi. Je středem a zároveň jedinou hvězdou Sluneční soustavy. Slunce je také nejtěžším objektem Sluneční soustavy a jeho hmotnost je odhadována jako 330 000 x větší než hmotnost Země. Slunce, stejně jako jiné hvězdy, září kvůli probíhajícím termonukleárním reakcím ve svém jádře, kde je teplota kolem 15 000 000 K.

Povrch Slunce není pevný, na slunečním disku se nám může jako povrch jevit fotosféra, zářivá vrstva sluneční atmosféry, která je neprůhledná, dosahuje teploty okolo 6 000 °C a její tloušťka jen asi 300 km. Další vrstvou, ve kterou fotosféra plynule přechází, je mnohem vyšší a řidší vrstva zvaná chromosféra, její tloušťka je již asi 16 000 km. Další vrstvou je pak sluneční koróna, která má teplotu přibližně 4 000 000 K, je tvořena velmi řídkou plazmou. Průměr koróny přesahuje průměr Slunce, její tvar a charakter je silně závislý na sluneční činnosti. Koróna pak volně přechází do meziplanetárního prostoru ve formě proudu částic.



Obr. 1: Struktura Slunce [3]

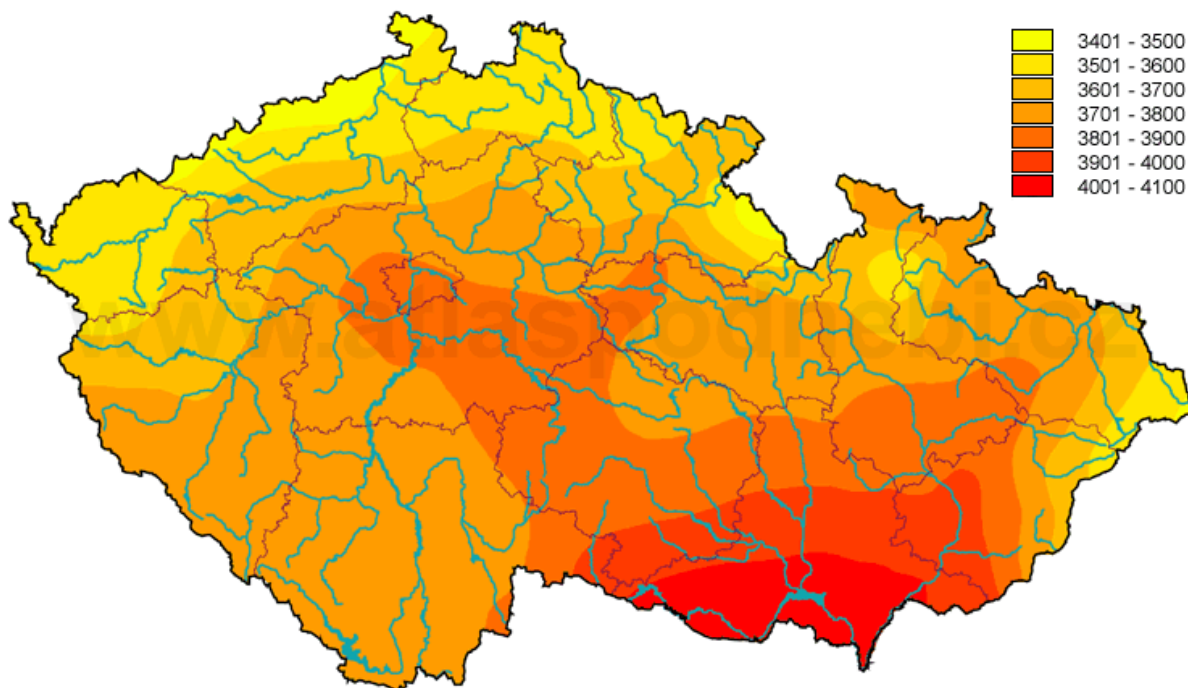
Při termonukleárních reakcích v nitru Slunce vzniká energie, která z části dopadá na Zemi. U Země je tok sluneční energie  $1,4 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$ . Každou sekundu se asi 700 milionů tun vodíku přemění na 695 milionů tun hélia a zbylých 5 milionů tun hmotnosti se mění na energii (96% elektromagnetické záření, 4% odnášejí elektronová neutrina).

## 1.2. Sluneční záření

Energie ze Slunce dopadá na Zemi ve formě slunečního záření. Tato energie je nevyčerpatelná a velmi šetrná k životnímu prostředí. Dle výpočtů předních vědců svítí Slunce asi 5 miliard let a dalších 10 miliard svítit bude. Sluneční paprsky dopadající na Zemi mají 14000 x více energie, než lidstvo vůbec dokáže spotřebovat (v domácnostech, průmyslu, dopravě a zemědělství dohromady).

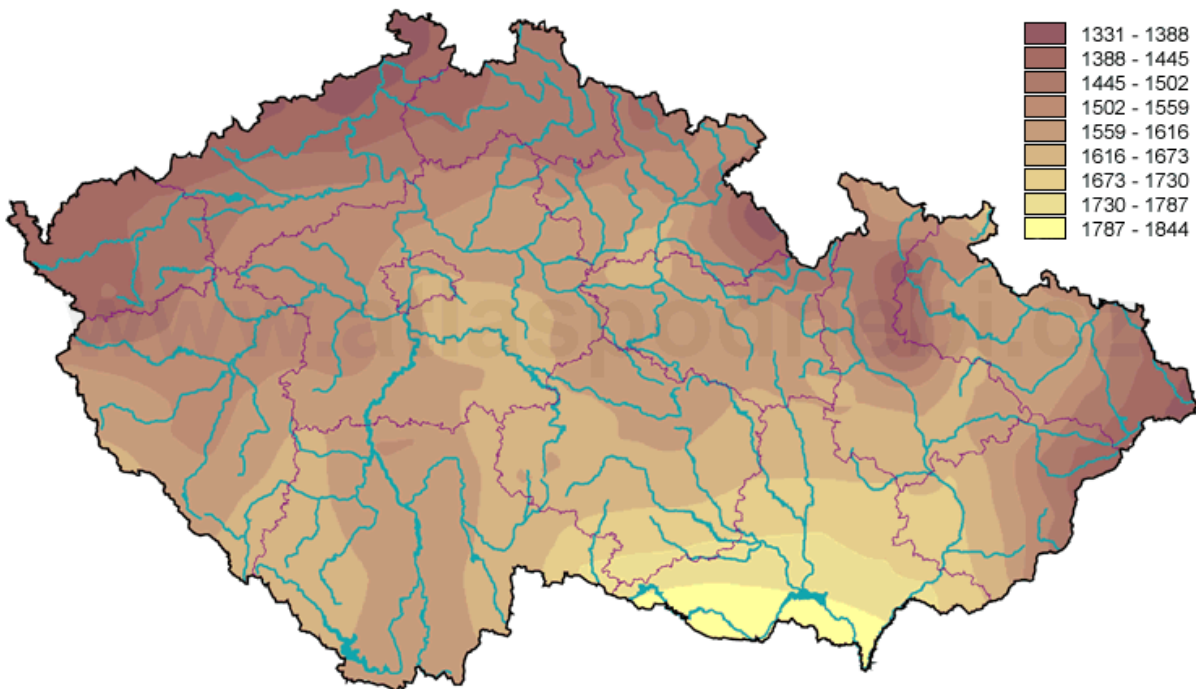
Využití sluneční energie je velmi závislé na geografických podmínkách daného místa, nejvhodnější jsou oblasti s největší dobou slunečního svitu nebo větší nadmořské výšky.

Přímé sluneční záření se z části rozptyluje při průchodu atmosférou a vzniká difuzní záření, to vzniká i odrazem od zemského povrchu a je tím větší, čím je větší oblačnost a nečistota ovzduší. Zatímco v letním období představuje podíl difuzního záření asi 50 % z globálního záření, je tento podíl v zimním období ještě mnohem větší. Čím je však podíl rozptýleného záření vyšší, tím méně je využitelná energie globálního záření. Součet přímého a difuzního záření je nazýván zářením globálním.



Obr. 2: Průměrný roční úhrn globálního záření v ČR [MJ/m²] [4]

Podmínky v České republice pro využívání sluneční energie nejsou špatné. V České republice kolísá hodnota záření mezi  $1\,000\text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$  a  $1\,250\text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$  za rok. V průběhu roku se intenzita sluneční energie výrazně liší. V zimních měsících nestačí pokrýt potřebu, kdežto v letních měsících je energie více než je nutné. Celková doba slunečního svitu v podmínkách ČR na zemský povrch je od  $1\,400\text{ h}\cdot\text{rok}^{-1}$  do  $1\,800\text{ h}\cdot\text{rok}^{-1}$ . V horách dosahuje doba  $1\,600\text{ h}$  za rok, v nížinných oblastech jižní Moravy  $2\,000\text{ h}$ . Z těchto čísel je patrné, že při vysoké účinnosti solárního systému lze získat z poměrně malé plochy poměrně velký výkon.



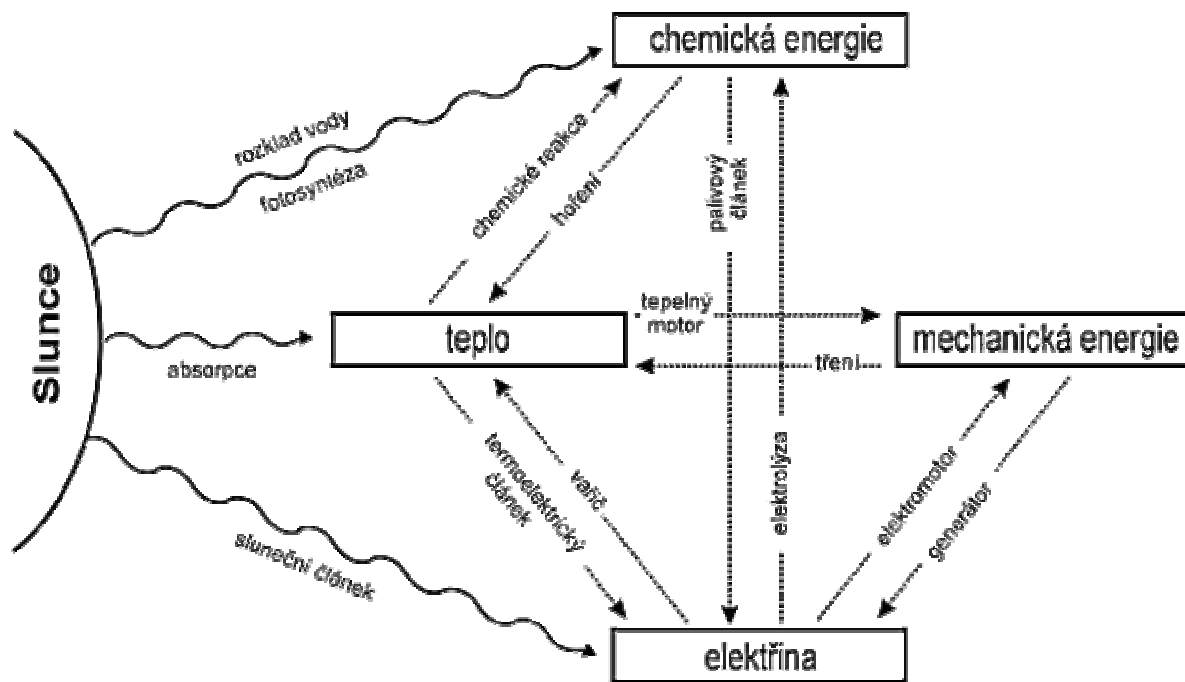
Obr. 3: Průměrný roční úhrn doby trvání slunečního svitu [h] [4]

### 1.2.1. Přeměna slunečního záření na jiné druhy energie

Sluneční záření se po dopadu na povrch Země mění na různé druhy energie, a to v :

1. v teplo (např. ohřev vody nebo sluneční domy)
2. v chemickou energii (např. rozklad vody na vodík a kyslík)
3. v elektřinu (např. sluneční články)
4. v mechanickou energii (např. sluneční pumpy, sluneční automobily či letadla)





Obr. 4: sluneční záření lze měnit v potřebnou formu energie buď přímo (vlnovka) nebo nepřímo (slabé šipky) [5]

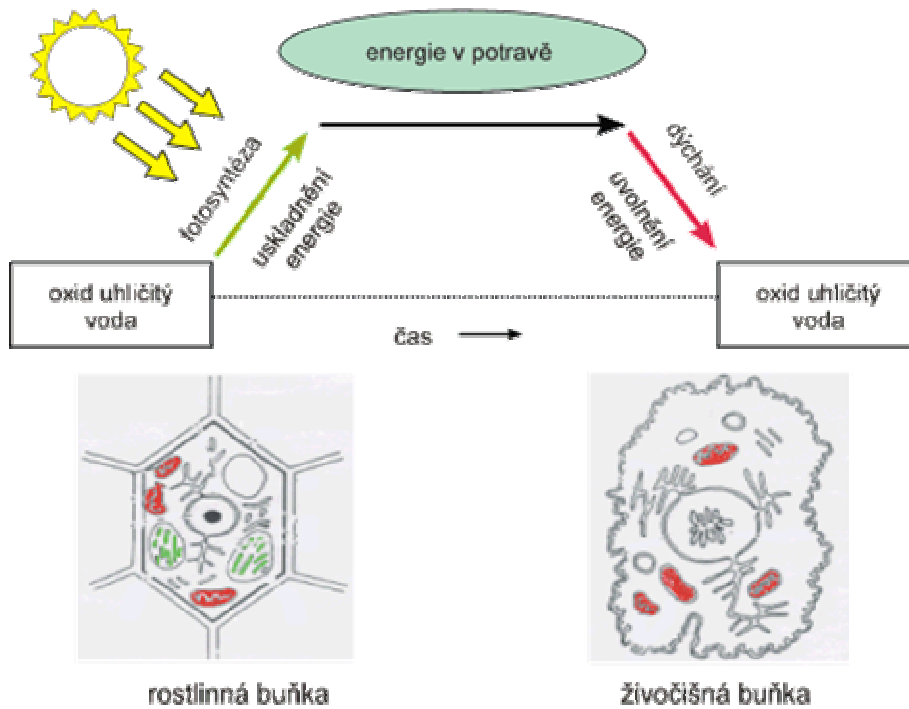
V **teplo** se mění sluneční záření procesem nazývaným absorpce záření. V přírodě probíhá absorpce na povrchu Země (asi jedna polovina dopadající energie), v atmosféře (asi jedna pětina dopadající energie). Pro osobní potřebu se získává sluneční teplo v různých zařízeních:

- ve sklenících, slunečních kolektorech, slunečních pecích, slunečních sušičkách, slunečních domech, slunečních vařičích, destilátorech ....



Obr. 5: nejčastěji používané zařízení na využití slun. energie je sluneční kolektor [5]

V **chemickou energii** se sluneční energie přeměňuje převážně fotosyntézou v přírodě. Díky slunečnímu záření lze získat látky bohaté na energii. Těmhle uměle vytvořeným látkám se říká chemická paliva. Nejvhodnějšími surovinami pro přípravu chemických paliv jsou voda, písek, kyslík, dusík a oxid uhličitý ze vzduchu. Všechny zmíněné suroviny se dají naplnit sluneční energií neboli přeměnit v látky nové, bohaté na chemickou energii. Jsou to např. metanol, vodík, aj. Hlavně vodík je výborným chemickým palivem.



Obr. 6: proces fotosyntézy a uvolňování energie [5]

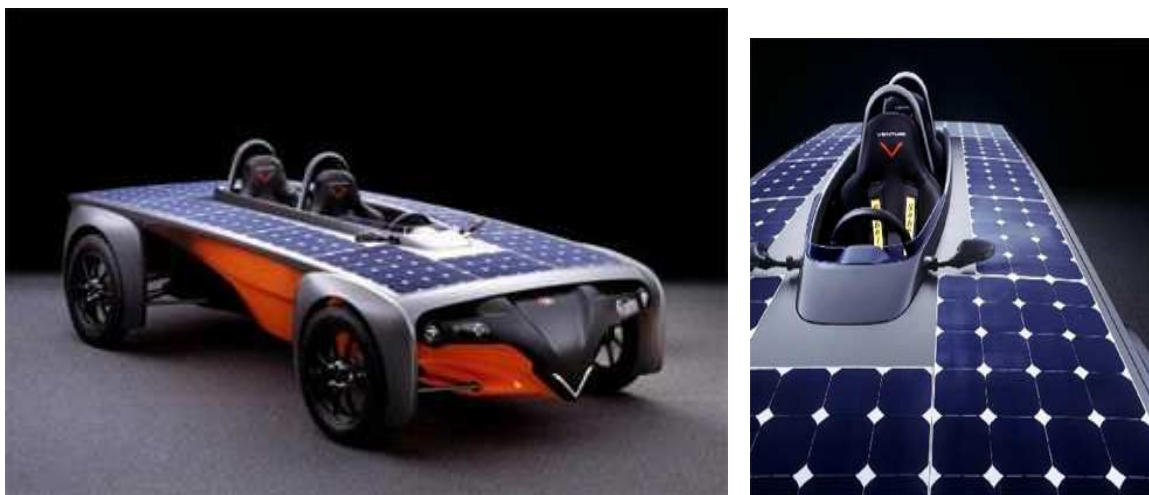
Proměna sluneční energie v **elektrický proud** probíhá ve fotovoltaickém čili slunečním článku. Nejpoužívanější je sluneční článek z křemíku. Je to tenká, méně než 1 mm, destička z krystalu křemíku. Spojením slunečních článků se vytváří sluneční panely. Na slunečním panelu o ploše  $1 \text{ m}^2$  se v létě za poledne získá až 150 wattů stejnosměrného proudu.



Obr. 7: sluneční článek z křemíku [6]

Existuje několik možností pro získání **mechanické energie** pro pohon strojů ze slunečního záření:

přes teplo (sluneční pumpy), přes chemickou energii (bioplyn, vodík) nebo přes elektřinu (sluneční automobily a letadla). V přírodě se zejména mění sluneční záření na pohybovou energii větru a toku řek automaticky - přes teplo.



Obr. 8 a 9: Horní plocha vozu Venturi Atrolab je pokryta slunečními články [6]

### 1.3. Kritéria a podmínky pro využívání sluneční energie v ČR

V našich podmínkách lze využívat sluneční energii pasivními a aktivními systémy. Pasivní systémy se nejlépe využívají u novostaveb, kde se jim přizpůsobuje celé architektonické řešení. Lze je také využívat u starších budov vybudováním skleněného přístavku. Množství energie získané z pasivních systémů, závisí na použitých materiálech, poloze a druhu budovy a také systému vytápění. Z těchto důvodů je energetický přínos pasivního vytápěcího systému individuální (od 20% do 50% celkové spotřeby tepla na vytápění).

Největší podíl na využívání solární energie u nás mají aktivní systémy. Solární systémy se mohou dodatečně instalovat a lze je využívat jak pro ohřev teplé užitkové vody, tak pro vytápění a ohřev vody v bazénu.

Do solárních systémů se vyplatí investovat, hlavně z hlediska dlouhodobého výhledu. Ceny energií mají neustále stoupající tendenci a očekává se jejich přechod na evropský standart. Dalšími výhodami jsou nezávislost na dodávkách tepelné energie a omezené ničení životního prostředí.

Využití solárního systému má pro nás největší výhodu v tom, že výrazně ušetří peníze vynaložené, v našem případě, na ohřev vody ve venkovním bazénu. Z ekonomického hlediska je významné, že na rozdíl od cen paliv a energií ceny solárních systémů v dlouhodobém pohledu klesají. V řadě případů jsou již dnes solární systémy z hlediska celého životního cyklu ekonomicky výhodnější než konvenční zdroje. [5]

Vyhřívání venkovní bazény jsou významnými spotřebiteli energie. Požadavky na teplotu vody jsou u plaveckých bazénů celkem nízké, optimální teplota vody pro rekreační plavání bývá nejčastěji v rozmezí 24 až 28 °C. Takové podmínky jsou pro solární systémy z hlediska účinnosti velmi výhodné. Díky nízkým požadavkům na teplotu vody v bazénu je možné použít nejjednodušší a nejlevnější dostupné kolektory.

Nejdůležitější je pro využití solárních systémů výběr vhodné lokality a minimalizace tepelných ztrát. Sluneční kolektory se instalují zpravidla jižním až jihozápadním směrem. Maximální výkon který poskytují kolektory, je kolem 14 hodiny. Nejčastější umístění bývá na sedlové střeše (nemá-li sedlová střecha vhodný sklon, lze požadovaný sklon kolektorů zajistit zadními vzpěrami), lze však využít i vhodnou štítovou stěnu, střechu garáže či zahradního altánu. Nejméně problematické je umístění kolektorů na volném terénu či na ploché střeše (pozor se musí dát na stínění okolními stromy nebo stavbami). Umístění na svislé zdi je vhodné pouze pro zimní přitápění, protože sluneční záření se v létě od takovýchto sklonů částečně odráží a nedá se plně využít. Optimální sklon kolektorů se v průběhu roku mění, maximálního výkonu solárního systému dosáhneme při kolmé orientaci absorpční plochy k dopadajícím paprskům. Budeme-li solární systém využívat jenom sezónně, je optimální sklon 30°, při využívání celoročním je nejlepší sklon 45°. Sklápění kolektorů je neekonomické, proto by měl být sklon pevný. Pro umístění kolektorů je též důležitá ochrana před větrem, aby nedocházelo ke zbytečným tepelným ztrátám a nadměrnému namáhání konstrukce, a také bezpečný přístup kvůli údržbě a kontrole zařízení.

Dále je podstatné zajistit nejkratší možné rozvody mezi kolektorem, zásobníkem, výměníkem a jejich dobrou tepelnou izolaci.

## 1.4. Přednosti a nedostatky využívání solární energie

Nejdůležitější přednosti jsou:

- solární energie je jediná energie dostupná všude a zcela zadarmo, solární systémy jsou funkční i bez přímého slunečního záření
- využívání sluneční energie je jedna z nejčistších a nejbezpečnějších náhrad za klasická paliva. Solární systémy umožňují tuto energii zpracovávat s účinností 40-65 %
- veškeré použité materiály, z kterých se solární systémy skládají, jsou 100% recyklovatelné (např. hliník, sklo, měď ...)
- velká životnost až 20-30 let u kvalitních solárních zařízení, po tuto dobu umožňují solární systémy investorovi bezplatnou dodávku tepla
- šetrnost k životnímu prostředí
- až 50% pokrytí nákladů dotací od státu a zvýhodněnými půjčkami
- nenáročná a téměř bezúdržbová obsluha

Nejzávažnější nedostatky jsou:

- sluneční energii lze jen stěží využít jako samostatný zdroj tepla, v případě celoročního využití je nutný doplňkový zdroj energie (zemní plyn, tuhá paliva, elektrický dohřev, ...), který pokrývá zvýšenou potřebu energie v době, kdy je slunečního záření nedostatek
- návratnost investic do solárního systému je přímo závislá na
  - vývoji cen používaného média před instalací solárního systému
  - na velikosti a typu soustavy
  - na způsobu jejího využití (ohřev vody, přitápění, ohřev bazénů, ....)
- dodatečné investice, které je nutno realizovat v případě instalace solárního systému do stávajícího objektu, výše investice je závislá na rozsahu úprav, které je nutné provést před instalací soustavy (např. zateplení objektu, přizpůsobení topné soustavy ....)

## 2. SYSTÉMY A ZAŘÍZENÍ PRO OHŘEV VODY V BAZÉNU

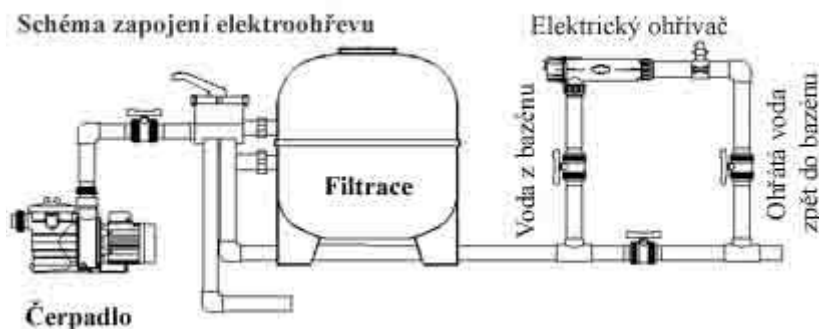
Je-li bazén používaný déle než dva měsíce v roce, což je minimální doba bazénové sezóny, je kromě zastřešení nutné najít i vhodný způsob přehřívání bazénové vody. V současné době máme na výběr několik způsobů ohřevu bazénové vody a při volbě nejvíce vyhovujícího typu ohřevu je nutné zvážit, jaký typ bazénu bude ohříván. Pro interiérové, a tudíž po celý rok používané, bazény je vhodný výměník nebo průtokový elektroohříváč s možností kombinace se solárními systémy či tepelným čerpadlem. Pro exteriérové bazény jsou určeny především solární systémy a tepelné čerpadlo.

Při výběru konkrétního typu je kromě ceny vlastního zařízení nutno zvážit také všechny náklady spojené s montáží a s provozem.

### 2.1. Elektroohřev

Elektrické průtokové ohříváče jsou určeny pro ohřev vody v bazénech či vířivých vanách, činnost spočívá v ohřevu protékající vody tělesem topení. Průtokové ohříváče se instalují mezi filtraci a vratné trysky a jsou vybaveny vlastním regulačním termostatem, který nastavuje teplotu ohřívání vody, a tlakovým spínačem, který neumožní provoz při vypnutí cirkulace vody, je ovládán výše uvedeným termostatem a bezpečnostním indikátorem průtoku (tlaku). Z tohoto důvodu je k topení nutná tzv. velká automatika, která zahrnuje 24 hodinový programátor čistiřny, ochranu před nebezpečným dotykovým napětím, tepelnou ochranu motoru, stykač a spínač topení. Celé topné zařízení je vyrobené z titanu (v případě využívání slané vody) nebo plastu.

Jedná se o technicky jednoduchý, ale energeticky poměrně náročný způsob ohřevu bazénové vody. Spíše než o ohřev by se dalo hovořit o přehřívání, protože příkon průtokových ohřivačů se pohybuje od 4 do 21 kW. Pro použití je výhodné mít u domu, u kterého je bazén instalován, dvoutarifovou el. přípojku a bazén přehřívát v rámci nízkého tarifu.



Obr. 10: zapojení elektroohřevu [7]

Bazénové elektrické průtokové ohřivače vody typu EOv, EOvp, EOvk, EOVTi, EOvTi a EOvn jsou svou konstrukcí speciálně navrženy pro vytápění bazénové vody, nebo vody v jiných vodních okruzích s průtokem a teplotou do 40°C. Každý ohřivač musí být v elektrické soustavě nainstalován za proudovým chráničem. Je obecně doporučeno zařízení doplnit vhodným typem automatického ovládní, které spolehlivě zajistí nejen požadovanou komfortnost, ale i bezpečnost obsluhy. Rozdíl mezi EOv a EOvp je v použití plastu na tělo pláště ohřivače a v použití průtokové klapky místo tlakového spínače, jako ochranného prvku pro průtok vody.

Každý elektrický ohřivač EOv (příklad obr.11):

- využívá převod elektrické energie na energii tepelnou
- je vyroben z vysoce kvalitní nerez oceli s příměsí TITANU AISI 316 (typ EOv)
- je vyroben z vysoce kvalitního PVC (typ EOvp)
- má topnou patronu vyrobenou z nerez materiálu INCOLOY 800 s příměsí TITANU, jenž zaručuje tu nejlepší kvalitu
- může být připojen na vodní okruh přes závit 1,5", hadicí 50 mm nebo lepením 50 mm
- je vybaven termostatem do 40°C a tepelnou pojistkou
- je vybaven tlakovým spínačem, jenž kontroluje průtok vody (typ EOv)
- je vybaven 2 ks držáky pro snadné upevnění [8]



Obr. 11: Topení EOV-6, 6 kW 400 V nerez, s tlakovým spínačem [8]

## 2.2. Tepelná čerpadla

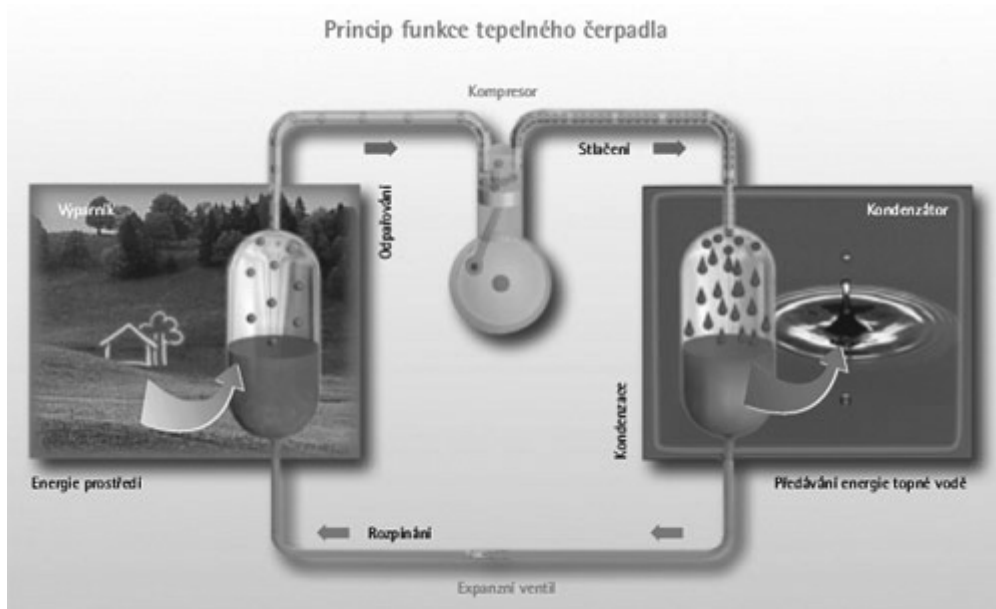
Tepelné čerpadlo získá energii o nízké teplotě z okolního prostředí a zvýší její teplotu pro účely vytápění. Účinnost tepelného čerpadla se obvykle vyjadřuje topným faktorem systému (značeno COP), který většinou bývá v rozmezí 3 – 5. Jinak by se to dalo také říct tak, že tepelné čerpadlo vyžaduje pouze 1 kW elektřiny na to, aby z obnovitelného zdroje (vzduchu) získalo a do vytápěného objektu dodalo 3–5 kW tepla. Systémy s tepelným čerpadlem jsou proto třikrát až pětikrát účinnější než elektrokotle nebo kotle na fosilní paliva. Jsou schopné vytápět celý objekt i v nejhlubších zimních mrazech. Miliony kusů tepelných čerpadel jsou ročně instalovány po celé Evropě a jejich podíl na trhu se neustále zvětšuje díky nesporným výhodám těchto systémů. Během posledních pěti let se prodeje tepelných čerpadel takřka zdvojnásobily.

### Princip práce tepelného čerpadla

Na stejném principu jako tepelná čerpadla pracují také kompresorové chladničky využívající tzv. studený okruh. Tepelná čerpadla naopak využívají okruh teplý, tzn. že motorkompresor stlačí pracovní medium – chladivo, které tak získá teplo, které ve výměníku (kondenzátoru) předá vodě (nebo vzduchu) pro vytápění nebo ohřev užitkové vody. Poté redukční ventil podstatně sníží tlak pracovního media a tím se zároveň prudce sníží jeho teplota. K jejímu dalšímu zvýšení se ve druhém výměníku (výparníku) využije již vzpomenutá energie okolního prostředí (vzduch, voda, země) a tento cyklus se stále opakuje. Pomocí reverzního ventilu, který je většinou součástí tepelného čerpadla, je možno kromě topení využít i chlazení.



Podle konkrétních podmínek, které uživatel požaduje je možno dodat a instalovat tepelná čerpadla s různými kombinacemi vstupní a výstupní energie, tzn. tepelná čerpadla typu voda (země)/voda, vzduch/voda, voda/vzduch nebo vzduch/vzduch.



Obr. 12: Princip funkce tepelného čerpadla [10]

### TČ typu vzduch - voda

Tepelné čerpadlo je zařízení, které pracuje na způsobu odebírání energii o nízké teplotě z okolního vzduchu a díky kompresoru přečerpá energii na vyšší teplotní hladinu a předá ji pro potřeby vytápění. Je to podobný způsob jako chladnička, ta pomocí chladiva odebere potravinaám teplo a předá ho mřížkou zvenku chladničky do okolního prostoru.

Tepelné čerpadlo se uvádí do provozu na základě teploty vody v bazénu nebo pomocí automatiky bazénové technologie.

Vzhledem k tomu, že čerpadlem protéká bazénová voda přímo, není možný jeho provoz v zimním období. Před zimou je nutné veškerou vodu z čerpadla vypustit.

Instalace tepelného čerpadla je velmi snadná, čerpadlo se připojí pomocí dvou flexi hadiček do bazénového okruhu a zapojí se ke zdroji elektrického proudu. Vše ostatní již zařídí regulace, zabudovaná v tepelném čerpadle. Čerpadlo nemá žádné zvláštní nároky na umístění, může stát i na volném prostranství.

Na rozdíl od solárních systémů funguje TČ i za chladnějšího léta, a také při absenci slunečního záření.

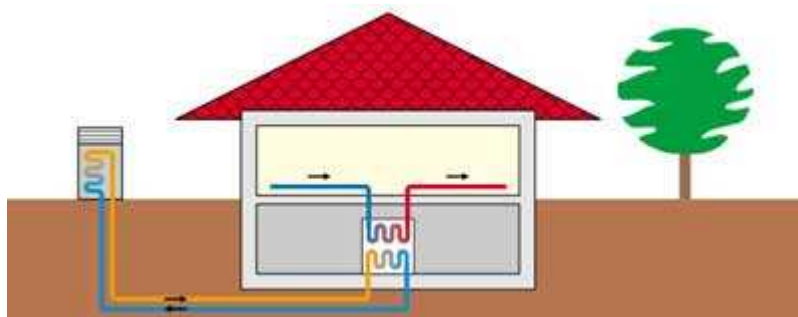
Ve srovnání s elektroohřevem má tepelné čerpadlo 6 - 10x nižší příkon.



Přednosti TČ typu vzduch – voda:

- nízká pořizovací cena a provozní náklady na vytápění bazénu
- ekologický provoz bez škodlivých emisí
- kompletně automatický provoz
- jednoduchá instalace
- tichý chod
- nenarušují teplotní rovnováhu okolí
- 
- většinou robustní nerezová konstrukce

Snad jedinou větší nevýhodou je závislost topného výkonu na teplotě okolního vzduchu



Obr.13: Systém Vzduch - Voda [9]

### TČ typu země – voda

Zdrojem systému země-voda je půda v okolí budovy, z níž se geotermální teplo získává prostřednictvím hloubkovém vrtu, nebo zemního plošného kolektoru a převádí se cirkulačním okruhem do výparníku tepelného čerpadla pomocí teplotnosné kapaliny. Teplotnosná kapalina je nemrznoucí a ekologicky nezávadná. Cirkulující kapalina se ve výparníku tepelného čerpadla ochlazuje a ve výměníku tepla se znovu ohřívá geotermálním teplem.

V případě hloubkových vrtů je třeba cca 120 - 180 m vrtů pro čerpadlo 10kW výkonu. Minimální vzdálenost vrtů od sebe by měla být alespoň 10 m. Lze je umístit i pod stavbou, zvláště jde-li o novostavbu.

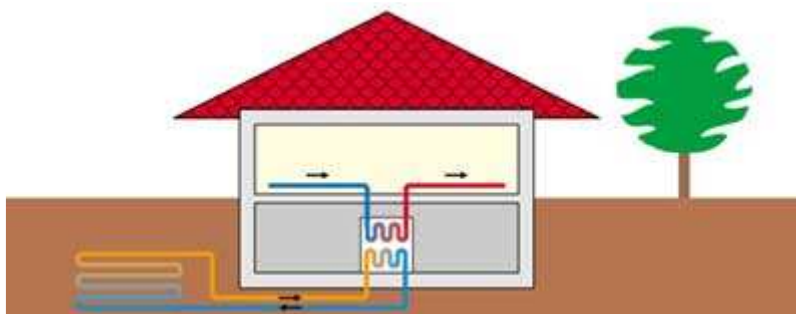
Zemní plošný kolektor (plastové potrubí) se ukládá vedle vytápěného objektu, horizontálně v nezamrzné hloubce cca 1,2 - 1,6 m pod povrchem. Trubky kolektoru by měly být od sebe vzdáleny min. 0,6 m. Pro 10 kW čerpadlo je zapotřebí cca 250 - 350 m<sup>2</sup> plochy pokládky.

Přednosti TČ typu země – voda:

- vysoká efektivita provozu
- malá závislost na vnější teplotě

**Nevýhody:**

- náročnost na rozměry pozemku
- nutnost zemních prací a tím spojená vyšší pořizovací cena
- vysoké nároky na technické řešení kolektoru
- nutnost regenerace kolektoru, tj. odstávka tepelného čerpadla (v letním období nelze ohřívat TUV a bazénovou vodu)



Obr. 14: Systém země - voda [9]

**TČ typu voda – voda**

Pro systém voda – voda je obnovitelným zdrojem povrchová, podzemní nebo spodní voda. Ze zdroje (nejčastěji ze studny) se odebírá voda, kterou necháme projít výměníkem tepelného čerpadla (výparníkem). Ten z ní odebere část tepla, a pak ji zase vrátíme zpět do země (do druhé = vsakovací studny. Vzdálenost mezi vrty by měla být alespoň 10m, nejlépe ve směru podzemních proudů.

Voda musí být k dispozici v dostatečném množství a kvalitě.

Jedná se o nejúčinnější typ tepelných čerpadel, podzemní voda má stálou průměrnou teplotu cca. 10°C, která se nemění s teplotními změnami na povrchu. Proto jde tedy o nejteplejší zdroj energie. Topný faktor se pohybuje kolem čísla 6 a tzn., že tepelné čerpadlo voda-voda může přinést až 80%-ní úspory.

**Přednosti TČ typu voda – voda:**

- Vysoký topný faktor
- poměrně krátká doba návratnosti investic
- přijatelné pořizovací náklady

**Nevýhody:**

- malý počet vhodných lokalit s dostatkem spodních vod
- závislost na množství podzemní vody a nebezpečí vyčerpání studny
- přísné nároky na složení, teplotu a množství vody
- vysoké nároky na údržbu a servis
- v případě neodborného provedení hrozí ekologická havárie



Obr. 15: Systém voda - voda [10]

## 2.3. Solární systémy

V souladu s vytyčeným cílem EU, zvýšit využívání obnovitelných zdrojů energie, došlo i k rozšíření solárních systémů.

Solární systémy jsou takové systémy, které mění sluneční energii na teplo. Při současných technických parametrech zvládají využít tyto fototermické systémy sluneční energii až z 60%. Teplo je přenášeno teplonosnou látkou, která se ohřívá v solárním absorberu či kolektoru. Teplonosnou látkou v okruhu kolektorů je buď kapalina (voda, nemrznoucí kapalinová směs nebo např. syntetická kapalina s nízkým bodem tuhnutí), nebo eventuálně vzduch.

Jedno z hledisek dělení fototermických solárních systémů je na sezónní a celoroční systémy. Liší se hlavně dobou využitelnosti během roku, a proto i svojí konstrukcí.

Sezónní systémy jsou jednodušší a levnější, jsou ale náchylné na teploty pod bodem mrazu, protože se většinou jako teplonosná kapalina používá voda.

Celoroční systémy používají látky na bázi monopropylénglykolu jako teplonosnou kapalinu, bod tuhnutí těchto látek je kolem  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Proto jsou tato zařízení využitelná po celý rok. Díky složitější konstrukci jsou však tyto systémy podstatně dražší.

Solární systém se mohou instalovat samostatně nebo kombinovaně s doplňkovým zdrojem energie (např. elektrická energie). Z hlediska finančního je výhodnější systém bez dodatečného ohřevu. Systém s dohřevem však zajistí požadovanou teplotu vody i v obdobích s nedostatkem slunečního záření.

Vzhledem k nízkým požadovaným teplotám budou vyhovovat pro solární vytápění bazénů jakékoliv kolektory. Z ekonomického hlediska přicházejí v úvahu nejvíce dva typy – nezasklené absorbery a ploché kolektory. Dalším řešením by bylo

např. – teplo z podstřešního prostoru, odpadní teplo z technologických procesů či z kogenerační výroby elektrické energie.

Ze solárního zařízení se teplotonosná kapalina přepravuje dvěma způsoby:

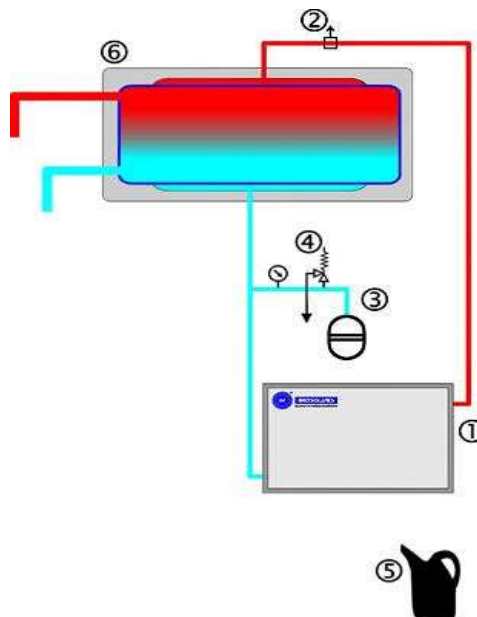
- samotížně
- s nuceným oběhem

Tyto systémy pracují:

- jednookruhově (průtočný systém - ohřívána je přímo voda)
- dvouokruhově (systém s výměníkem - ohřívána je nejprve nemrznoucí směs, ta až předává tepelnou energii vodě)

U **samotížného solárního systému** se kapalina v kolektoru vlivem dopadajících slunečních paprsků ohřívá a roztahuje. Samovolně následovně stoupá v trubkovém rozvodu vzhůru k zásobníku s užitkovou vodou. Zde dojde přes výměník k předání tepelné energie z teplotonosného média do vody a tím tedy k jejímu ohřevu. Ochlazené teplotonosné médium klesá zpět dolů do kolektoru.

Tento systém pracuje na základě tzv. termosifonového efektu. Ke své činnosti nepotřebuje elektronickou regulaci ani solární hnací jednotku.

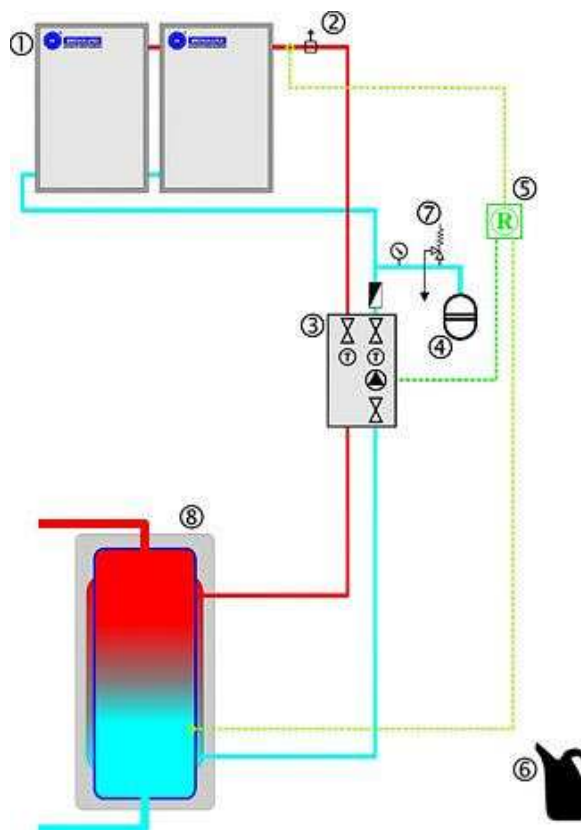


Obr.16: Samotížný solární systém [12]

Systém se samotížným oběhem je možné použít pouze výjimečně, a to jen tam, kde je zásobník s výměníkem umístěn ve vyšší poloze než kolektory. Takové uspořádání se volí jen u malých zařízení pro ohřev užitkové vody.

**Hnané solární systémy** fungují tak, že se v kolektorové ploše ohřeje nemrznoucí směs vlivem dopadajících slunečních paprsků. Až je elektronickou regulací vyhodnoceno dosažení minimálního teplotního rozdílu mezi kolektorovou

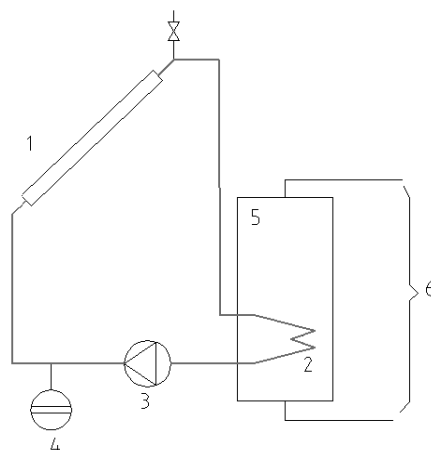
plochou a zásobníkem s užitkovou vodou (regulace je nastavena na určitý teplotní rozdíl), tak je uvedena do chodu solární hnací jednotka. Ta zajistí přemístění ohřáté teplotné směsi k zásobníku s užitkovou vodou, zde se tepelná energie předá pomocí tepelného výměníku a ochlazená teplotná směs se žene zpět do kolektorové plochy.



Obr.17: Hnaný solární systém [12]

Solární systémy se mohou zapojit s uzavřenými nebo otevřenými kolektorovými okruhy:

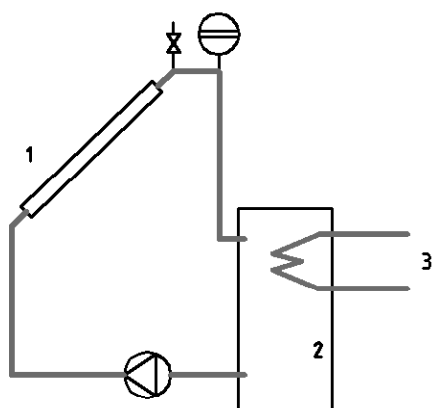
- ❖ **Uzavřený kolektorový okruh** funguje tak, že teplotná směs předává teplo vodě v zásobníku prostřednictvím povrchového výměníku tepla. Teplotná směs se nemísí s vodou v zásobníku. U uzavřeného systému je kolektorový okruh pod tlakem a hermeticky uzavřen. Membránová expanzní nádoba vyrovnává změny objemu kapaliny, přetlakový ventil omezuje tlak na bezpečnou hranici.



Obr. 18: uzavřený kolektorový okruh;

1-kolektor, 2-výměník tepla, 3-oběhové čerpadlo, 4-expanzní nádoba, 5-zásobník vody, 6-okruh spotřebičů

- ❖ **Otevřený kolektorový okruh** pracuje tak, že voda, která proudí kolektory se mísí přímo s vodou v zásobníku, toto se však používá pouze výjimečně u jednoduchých zařízení pro ohřev užitkové vody, zejména však pro přímý ohřev vody v bazénech. Tento okruh již nemá výměník tepla.



Obr. 19: otevřený kolektorový okruh;

1-kolektor, 2-zásobník vody s výměníkem v okruhu spotřebičů, 3-okruh spotřebičů

### Solární systémy v uzavřeném kolektorovém okruhu

Podle celkové koncepce se mohou aktivní solární systémy v uzavřeném kolektorovém okruhu dělit na monovalentní, bivalentní nebo trivalentní.

- **Monovalentní systémy** mají jako jediný zdroj tepla sluneční kolektory, z tohoto důvodu se používají pouze pro sezónní odběr tepla v době kdy je sluneční energie dostatek, nejvíce se využívají k ohřevu užitkové vody v letních měsících nebo k ohřívání bazénů. Tento systém bývá funkční přibližně od dubna do září, poté se musí odstavit a vypustit z něj voda
- **Bivalentní systémy** mají kromě kolektorového okruhu i jiný zdroj tepla, např. kotel na plyn, kapalné palivo nebo elektrickou topnou vložku
- **Trivalentní systémy** mají vedle kolektorového okruhu jako další zdroj tepla tepelné čerpadlo, které kryje spotřebu tepla při nízkých venkovních teplotách, a pak ještě kotel kryjící teplotu při nejnižších teplotách

### 3. ZÁKLADNÍ ČÁSTI SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ

- Absorbér či kolektor
- Solární výměník tepla
- Potrubí
- Oběhové čerpadlo
- Armatura
- Expanzní nádoba
- Automatická regulace
- Teplonosná kapalina

#### 3.1. Absorbér či kolektor

Solární absorbéry jsou černé absorpční plochy vyrobené z plastových materiálů (polypropylen - PP, polyetylen – PE a další) nebo speciální gumy (např. EPDM neboli etylenpropylen-dien-monomer). Tyto materiály jsou mrazuvzdorné, ale zvláště PP při teplotách pod bodem mrazu křehne. Při doporučeném zacházení vydrží i více než 10 let. Konstrukčně jsou absorbéry dvou typů – trubkové a ploché. Trubkové jsou snadno přizpůsobitelné libovolně tvarovanému povrchu. Výhodou plochých absorbérů je absence mezer, kde se zachycují nečistoty, které pak mohou zahnívat a snižovat účinnost absorbéru.

Nejčastější využití je k sezónnímu ohřevu rodinných bazénů všech typů přímým ohříváním bazénové vody. Solární absorbér se skládá ze systému kanálků, do kterých je spodním přívodem přiváděna přímo voda z bazénu, v ploše absorbéru je ohřívána dopadajícím slunečním zářením a horním potrubím je odváděna zpět do bazénu. Absorbéry nejsou samonosné, proto je nutné jejich uchycení na střechu příslušných rozměrů nebo na konstrukci volně do prostoru. Často se využívá i terénních šikmin a strání. Sklon absorberů je optimální v rozmezí 15 – 30° a optimální orientace je jižním směrem, vyvarovat se musí i stínů od okolních budov a stromů. Doporučené solární krytí je 75 – 100% vodní plochy bazénu.

Sluneční absorbéry se mohou vyjimečně zapojit i do dvoukruhového systému, zachycená sluneční energie ohřívá nejprve teplonosné médium (kapalina, vzduch),

kteřé pak předá teplo vodě, ta je odváděna do místa okamžité spotřeby nebo akumulována v zásobníku.

Na trhu v ČR je k dispozici mnoho plastových absorberů. Nejprodávanejší typy jsou na obrázcích č.20 a 21.



Obr.20: Absorbéry SOLADUR [13]



Obr.21: TPA – textilně plastový absorber [14]

#### Výhody absorberů:

- jednoduchý a cenově dostupný systém ohřevu bazénu s přímým ohřevem bazénové vody
- nízká cena
- velký výběr různých typů a provedení
- jednoduchá instalace systému, každý zvládne sám na základě montážního návodu a přiloženého schématu

#### Nevýhody absorberů:

- nižší životnost, většinou do 15let
- účinnost systému jen při dopadu přímého slunečního záření na absorpční plochu
- nutnost vypuštění systému před zimou
- značná závislost účinnosti na povětrnostních podmínkách

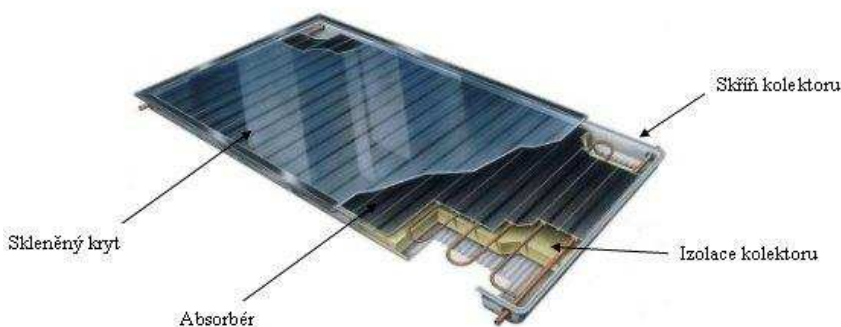
Uloží-li se absorber pod skleněnou desku, vznikne sluneční kolektor. Ten využívá skleníkového efektu. Z hlediska teplotního média dělíme kolektory na kapalinové a vzduchové.

Kolektory dělíme také podle tvaru, na ploché a trubicové (absorbér je zataven ve vakuové trubici). Vakuum velmi snižuje tepelné ztráty a také zvyšuje účinnost při dosažení vyšších výstupních teplot.

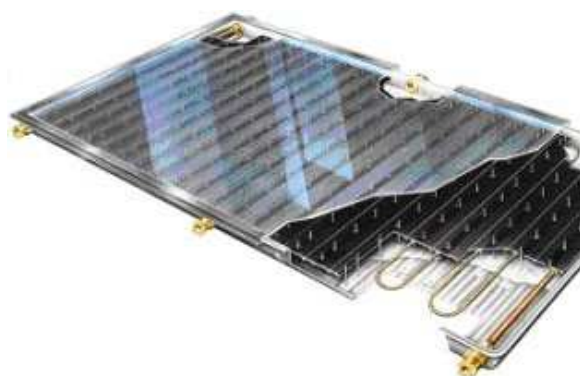
Kvalitní kolektory mají absorber opatřený spektrálně selektivní vrstvou (speciální černá barva nebo galvanické pokovení), mají vyšší účinnost a dokáží zpracovat i



difúzní záření. Zasklení je ze speciálního skla, které má nízkou pohltivost slunečního záření a má zvýšenou mechanickou pevnost.



Obr.22: Plochý kapalinový kolektor [15]



Obr.23: Nízkotlaký vakuový kolektor [15]



Obr.24: Trubicové vakuové kolektory [15]

### 3.2. Solární výměník tepla

Výměník tepla je určen k přenosu tepla z jednoho média na druhé, při současném oddělení obou okruhů. Zprostředkovává přenos tepla mezi kolektory a zásobníkem a mezi zásobníkem a spotřebiči.

Aby mohlo k předávání tepla docházet, tak musí být rozdíl teplot mezi topným médiem a médiem oteplujícím se. Tok tepla prochází stěnou z teplejšího média na to chladnější.

Výměníky tepla bývají vloženy buď přímo do zásobníku (se kterým pak tvoří celek) nebo bývají umístěny jako samostatný prvek mimo zásobník. Zřídka se vyskytuje teplosměnná plocha výměníku přímo v konstrukci zásobníku tepla.

Je doporučeno, aby směr proudění teplotnosné tekutiny uvnitř výměníku byl opačný než směr přirozeného proudění vody v zásobníku. Bude tím dosaženo proudění v tzv. protiproudu, které je se zřetelem na využití teplosměnné plochy nejvýhodnější.



Obr.25: tepelný nerezový výměník [16]

Tepelné nerezové výměníky jsou speciálně navrženy pro vytápění bazénové vody nebo vody ve vířivých vanách, jsou vyráběny buď z nerezové oceli AISI 316 (a to pro všechny úpravy bazénové vody kromě vody slané) nebo s polyamidovým tělem s vnitřní částí z titanu, takovéto výměníky jsou určeny právě pro slanou vodu. Titanové výměníky zaručují 100%-ní odolnost proti korozi. Použití celonerezových výměníků je nejvhodnější zejména při ohřevu vody plynovým kotlem, kotlem na koks, popřípadě solárními kolektory.

Výměníky je doporučeno doplnit vhodným automatickým ovládním, které má spolehlivě zajistit bezpečnost a komfortnost obsluhy.

### 3.3. Potrubí

Spojovacím potrubím putuje teplotnosné médium mezi kolektorem a výměníkem. Průřezy potrubí se musí volit s ohledem na požadovaný průtok, teplotu a tlak teplotnosné kapaliny v solárním okruhu.

Nejčastěji používaným a nejvíce osvědčeným materiálem je měď, teploty pak mohou v solárním kolektoru dosahovat až 250°C. Další používaným materiálem je plast, teplota v kolektoru pak ale nesmí být příliš vysoká.

Potrubí by mělo být co nejkratší a s kvalitní tepelnou izolací, aby se co nejvíce omezily tepelné ztráty.

Oběh teplotnosného média v potrubí zajišťuje oběhové čerpadlo.

### 3.4. Oběhové čerpadlo

Oběhové čerpadlo zabezpečuje cirkulaci teplotně nosné kapaliny. Parametry čerpadla musejí být zvoleny dle množství obíhající teplotně nosné kapaliny. Čerpadlo je běžně řízeno dvoučidlovou elektronickou regulační jednotkou (termostatem). K zapnutí čerpadla dojde, až když kolektor přesáhne teplotu teploty nádrže.

Čerpadla pro otopné systémy musí splňovat tyto požadavky: dlouhá životnost, bezobslužný provoz bez hluku, co nejnižší spotřeba elektrické energie, příznivý poměr cena/výkon, možnost změny otáček.

V moderních otopných soustavách je zajištěn úsporný provoz:

- A) regulačními systémy pracujícími v závislosti na povětrnostních podmínkách
- B) termostatickými ventily, které umožňují udržovat požadovanou teplotu ve vytápěných místnostech

Regulační zařízení při své činnosti mění hydraulické podmínky v dané soustavě. Čerpadla bez regulace nemohou na tyto výkyvy reagovat a běží pořád na plný výkon, tudíž se stávají ekonomicky nevýhodnými. Proto se stále častěji používají čerpadla s regulací.



Obr.26: oběhové čerpadlo [17]

Oběhové čerpadlo je možné nahradit **hnačí jednotkou**.

Solární hnačí jednotka umožňuje cirkulaci nemrznoucí teplotně nosné směsi v primárním solárním okruhu. Používá se pouze v solárních systémech s nuceným oběhem teplotně nosného média, protože ohřáté médium v samotížných systémech samovolně stoupá v potrubí vzhůru.



Obr.27: hnačí jednotka [18]

### 3.5. Armatura

Armatury zabezpečují správnou funkci z hlediska spolehlivosti a bezpečnosti včetně kontroly a regulace (manometr, teploměr, zpětný ventil, automatický směšovač, atd.)

### 3.6. Expanzní nádoba

Tlaková expanzní nádoba je nepostradatelným a hodně důležitým prvkem solárního systému.

Expanzní nádoba umožňuje vyrovnávání změn roztažnosti teplotní kapaliny bez její ztráty, dále vyrovnávání tlaku vlivem značného kolísání teplot a samočinné doplnění teplotní kapaliny do solárního okruhu. Jako ochrana proti extrémnímu zvýšení tlaku při výpadku elektrické energie se instaluje pojistný ventil.

Expanzní nádoba je svařená ocelová nádoba, jejíž vnitřní prostor je neprodyšně rozdělen na dvě části pryžovou membránou. Na jedné straně u ventilku je prostor pro stlačený plyn a na druhé straně s návarkem je prostor pro teplotní kapalinu. Při dokonalém nastavení tlaku plynového polštáře dojde k plynulému přenesení tlaku v otopné soustavě přes pryžovou membránu na tlakový plynový polštář.

Konstrukce a umístění exp. nádoby musí odpovídat předpokládané maximální teplotě, objemu a tepelné roztažnosti teplotní kapaliny.



Obr.28: expanzní nádoba [12]

### 3.7. Automatická regulace

Elektronická automatická regulace je velmi důležitým komponentem v solárním systému, zabezpečuje bezobslužný automatický chod solární soustavy a její ekonomický provoz.

K dispozici je celá řada kvalitních regulací v různém provedení za příznivé ceny. Výrobce jsou však nastaveny více méně s pevným algoritmem řízení a uživatel mění jen některé rozmezí hodnot, funkčních stavů či priorit.

Regulace funguje tak, že je pomocí teplotních čidel neustále vyhodnocován rozdíl teplot v zásobníku TUV v oblasti solárního tepelného výměníku a teplot kolektoru.

Když je teplota kolektoru o nastavenou hodnotu vyšší, než teplota v nádrži, zapne oběhové čerpadlo solární hnací jednotky. Až se rozdíl opět sníží, čerpadlo zase vypne.

Dále zabezpečuje co možná nejvyšší účinnost kolektorů při všech povětrnostních a provozních podmínkách.



Obr.29 a 30: zařízení určená k regulaci [9]

### 3.8. Teplonosná kapalina

Teplonosná kapalina je náplní uzavřeného solárního systému a je nositelem energie. Pro sezónní přípravu TUV se jako teplonosná kapalina používá ve většině případů voda. Její předností jsou velká tepelná kapacita ( $c = 4187 \text{ J/kg.K}$ ), velká tepelná vodivost, malá viskozita, chemická stálost, není agresivní k použitým materiálům, ekologická nezávadnost a nízká cena. Nevýhodou vody je malý rozsah teplot pro kapalnou skupenství ( $0^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C}$ ).

V případě celoročního provozu je nutné použít nemrznoucí kapalinu, ta má podobné vlastnosti jako voda, jen má nižší bod tuhnutí ( $-25^\circ\text{C}$  až  $-30^\circ\text{C}$ ). Nejmodernější solární kapaliny u nás pořídíme od firmy AGRIMEX, popř. VELVANA.

Kapaliny jsou netoxické na bázi monopropylenglykolu, bod tuhnutí je kolem  $-30^\circ\text{C}$ . Kapaliny mají nejčastěji modrou nebo zelenou barvu.

Obvyklý obsah teplonosné kapaliny v uzavřeném systému je 30 až 50l. Doporučená doba výměny kapaliny v okruhu se pohybuje od 5 do 8 let, záleží na způsobu využívání systému.



Obr.31: Teplonosná nemrznoucí kapalina [19]

## 4. ZPŮSOBY ZAPOJENÍ SOLÁRNÍHO SYSTÉMU PRO OHŘEV VODY V BAZÉNU

Pro výběr nejvhodnější technologie jsou zásadními faktory uvažované investice, dispoziční a technické možnosti realizace. Těmto faktorům pak odpovídá výsledné řešení systému a obtížnost jeho instalace na dané místo.

Výběr vhodného systému pro ohřev bazénu není složitý. Způsobů jak ohřát bazén sluneční energií je však celá řada. Vzhledem k tomu, že většina hlavně venkovních bazénů je používána v letním období roku, nabízí se dva nejpoužívanější způsoby ohřevu, a to: přímoprůtočný jednookruhový systém pomocí solárních absorberů a oddělený systém s tepelným výměníkem a solárními kolektory.

Volbu daného systému určují zejména finanční náklady. Míra investice je pak přímo úměrná komfortu a výkonu dodávaného zařízení.

### 4.1. Přímoprůtočný jednookruhový systém

Pokud se dá přednost levnější variantě, nabízí se osvědčené řešení s využitím kvalitních solárních absorberů např. firmy SOLADUR.

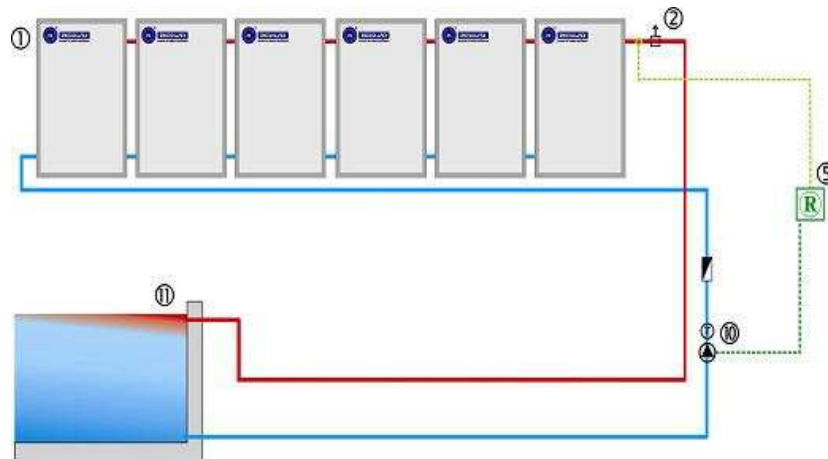
K sezónnímu ohřevu bazénů v letním období se převážně používají textilně plastové absorbery (tzv. TPA). Elektronická regulace řídí chod bazénového čerpadla, a to tím způsobem, že vyhodnotí teplotu v solárním kolektoru a jakmile teplota v kolektoru přesáhne nastavenou hodnotu, sepne se oběhové čerpadlo a ohřátá voda z kolektoru jde do bazénu. V případě, že teplota opět poklesne, čerpadlo se vypne a v kolektoru dojde k opětovnému ohřívání. Aby po vypnutí oběhového čerpadla nedošlo k nechtěnému vypuštění vody z absorberu a tím k jeho přehřátí, slouží zavodňovací smyčka.

Před koncem sezóny je nutné z absorberů vypustit vodu a pokud jsou vhodně umístěny, je dobré je i uskladnit.

Pro propojení kolektorové plochy se používají standardní zahradní hadice o průměru 20mm, případně plastové potrubí.

Údržba tohoto systému je nenáročná.





Obr.32: solární systém s plastovými absorbéry [12]

## 4.2. Dvouokruhový systém s výměníkem tepla

Takovýto typ ohřevu bazénu je založený na principu dvou okruhů, primárního = solární panely a sekundárního = bazén. Teplo absorbované kolektory a následně převedené do teplotné kapaliny je předáno bazénu v tepelném výměníku.

Primární okruh je tvořen hlavně kvalitními a vysoce selektivními plochými kolektory, spojovacím měděným potrubím, hnací jednotkou s oběhovým čerpadlem, elektronickou regulací a tepelným výměníkem.

V kolektorech se dopadající sluneční energii ohřeje transportní kapalina, která je tvořena teplotnou nemrznoucí směsí. Až elektronická regulace vyhodnotí nastavený minimální teplotní rozdíl mezi kolektory a zásobníkem vody, je spuštěn chod solární hnací jednotky. Ta zajišťuje cirkulaci ohřáté transportní kapaliny k zásobníku vody.

Souběžně s tím se sepne bazénové čerpadlo sekundárního okruhu, který je vlastně jen rozšířením technologie bazénové filtrace. Do tryskové větve za pískovým filtrem je vřazen tepelný výměník vhodné konstrukce a výkonu, který se tímto stane součástí bazénového okruhu. Jeho umístění je voleno zpravidla v těsné blízkosti bazénové technologie.

Zásobník vody je zde vlastně výměníkem tepla, transportní kapalina tady předává svoji tepelnou energii užitkové vodě. Ze zásobníku vody se ochlazená transportní kapalina vrací zpět do kolektorové plochy. Pro solární ohřev bazénů s normální nebo chlorovanou vodou je doporučeno použití kvalitního nerezového trubkového výměníku, pro ohřev se slanou vodou je nutné instalovat výměníky titanové.

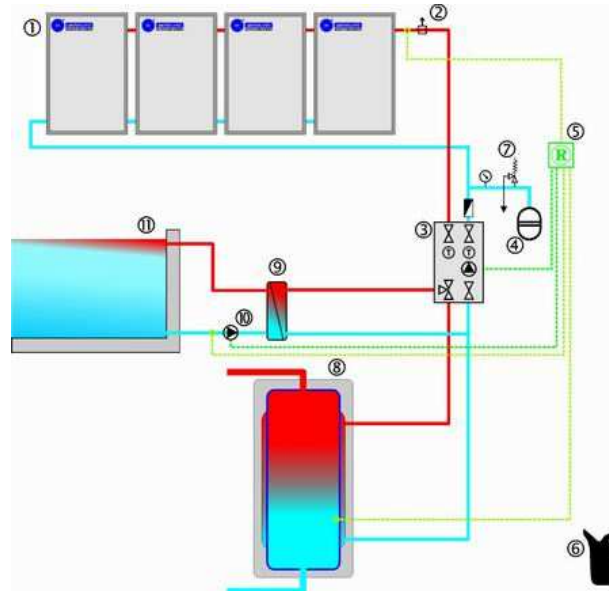
Celý solární systém musí být chráněn jisticími prvky (vypouštěcí ventil, expanzomat a pojišťovací ventil). Automatický odvzdušňovací ventil má funkci vylučování plynů z transportní kapaliny.

U zásobníku vody je umístěn kompaktní měřič tepla. Na jeho displeji zobrazuje solární systém správnou funkci včetně aktuálních teplot.

Rozměry a parametry kolektorové plochy závisí hlavně na objemu bazénu, míře jeho vytápění a také na umístění slunečních kolektorů vzhledem k nejideálnější

orientaci. Nejvyšší výkon pro ohřev bazénové vody je při sklonu 20-40° v jižní orientaci na nezastíněném místě.

Velmi důležitá je také potřeba zakrývání vodní hladiny přes noc a ve dnech s nepříznivým počasím. Ztráta tepla vodní hladinou má rozhodující význam při poklesu teploty vody v bazénu. Proto je doporučováno účinné zakrytí vodní hladiny.



Obr.33: solární systém s výměníkem [12]

Solární systém se dvěma oddělenými okruhy je investičně náročnější, má však mnoho výhod a v případě kombinování s ohřevem TUV či přitápěním je nutností. V důsledku používání teplonosné nemrznoucí náplně v systému jde o zařízení s celoročním využitím a bezpečným provozem.

V případě rozšíření solárního systému se dosáhne větší užitné hodnoty a nemusí se po skončení bazénové sezóny odstavit zařízení z provozu. Rozšíření solárního systému o ohřev TUV nebo přitápění je možné skoro vždy, tím spíše pokud zákazník počítal s touto možností již v době základní instalace.

Pokud se tedy přidá dostatečný počet solárních panelů, třicestný ventil s odpovídající regulací a nainstaluje odbočka k novému či stávajícímu zásobníku TUV, vznikne solární systém, který zajistí i v době mimo letní sezónu ohřev TUV také v měsících s menší nabídkou solárního záření. Na jaře je možnost využití přebytků tepelné energie k přitápění.

#### 4.2.1. Systém s dodatečným ohřevem

Pokud chce vlastník bazénu mít zajištěnou stabilní teplotu vody i za nepříznivých klimatických podmínek, je nutné solární systém doplnit o doplňkový zdroj tepla. Nejlepší volbou je v tomto případě instalace tepelného čerpadla, tepelná čerpadla vzduch-voda mají v daném použití velmi dobrý topný faktor.



Další možností je doplnit bivalentní systém s okruhem slunečních kolektorů elektrickým ohřívákem, toto se používá jen pro menší zařízení, jako např. rodinné domy, jednotlivé domácnosti atd.

Elektrický proud je však značně drahý a z energetického hlediska je mnohem méně výhodný než např. teplo z plynu nebo topného oleje. Tuto variantu lze považovat tedy jen za přechodné řešení, kdy pracuje topné zařízení s malou účinností.

## 5. VÝPOČET PLOCHY SOLÁRNÍCH ABSORBÉRŮ

### 5.1. Základní informace a požadavky

Při výpočtu budu uvažovat venkovní obdélníkový bazén od firmy Mountfield, bude celý zapuštěný v zemi.

Bazén bude využíván v období od května do září, v nočních a dopoledních hodinách bude zakryt fólií v průměru na 17 hodin. Na bazén ve dne nedopadá žádný stín od okolních stromů ani budov.

#### Rozměry bazénu:

Délka: 7,46 m

Šířka: 3,46 m

Hloubka: 1,4 m

Plocha hladiny bazénu:  $S = 25,8 \text{ m}^2$

Objem bazénu:  $V = 36,1 \text{ m}^3$

Požizovací cena: 274 670 Kč s DPH



Obr.34: Bazén Brilliant 74 [1]

**Požadovaná teplota vody v bazénu:**

Květen, červen, září: 24 °C

Červenec, srpen: 26 °C

Absorbéry budou orientovány na jižní stranu, skloněny budou pod úhlem 30°.  
 Poloha bazénu bude v jihomoravském kraji, západně, nedaleko Brna.

**5.2. Výpočet plochy absorbérů s nočním zakrýváním vodní hladiny**

K ohřívání vody v bazénu je potřeba dodávat teplo :

- Pro úhradu tepelné ztráty prostupem stěnami bazénu pod úrovní vodní hladiny.
- Pro úhradu tepelné ztráty přestupem z vodní hladiny
- Pro ohřívání přiváděné čisté vody

Teplo, které je třeba k ohřívání přiváděné čisté vody, by se nejvíce mělo získávat z odváděné teplé vody (využití odpadního tepla).

**Tepelné ztráty prostupem stěnami bazénu**

Bazén je vyroben z polypropylenu – homopolymeru (PP-H) o síle stěn 5 mm ( $d_s$ ), je uvozen na 5 cm tlusté desce z tvrzeného polystyrenu ( $d_{iz1}$ ), pod kterým je beton o síle 25 cm ( $d_{iz2}$ ). Taktéž stěny jsou izolovány polystyrenem o síle 5 cm ( $d_{iz1}$ ) a kolem bazénu je vrstva 25 cm betonu ( $d_{iz2}$ ).

Vrstva polystyrenu bude izolací číslo 1, druhou vrstvou izolace bude beton.

Tepelná vodivost homopolymeru má hodnotu  $0,22 \text{ [W.m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$ .

Hodnotu tepelné vodivosti použitého betonu použijeme  $1,57 \text{ [W.m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$  a polystyrenu  $0,035 \text{ [W.m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$ .

**Tepelné ztráty prostupem stěnami bazénu** pod úrovní vodní hladiny vypočteme ze vztahu:

$$Q_z = U \cdot A \cdot (t_w - t_e) \quad [\text{W}] \quad (1)$$

A ..... plocha bazénových stěn [ $\text{m}^2$ ]

U ..... součinitel prostupu tepla stěnami bazénu [ $\text{W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ]

$t_e$  ..... teplota zeminy za stěnou bazénu (ve výpočtu se použije hodnota 10 °C)

Výpočet součinitele prostupu tepla stěnami bazénu:

$$U = \frac{1}{R_z + \frac{d_{iz}}{\lambda_{iz}} + \frac{d_s}{\lambda_s}} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (2)$$

$R_z$  ..... tepelný odpor zeminy (uvažována bude průměrná hodnota  $R_z = 0.5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ )

$d_{iz}$  ..... tloušťka izolace stěny bazénu [m]

$\lambda_{iz}$  ..... tepelná vodivost izolace bazénu [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ]

$d_s$  ..... tloušťka stěny bazénu [m]

$\lambda_s$  ..... tepelná vodivost stěny bazénu [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ]

	$t_w$ [°C]	$U$ [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ]	$A_2$ [m <sup>2</sup> ]	$Q_z$ [W]
<b>Květen</b>	24	0,474	30,576	203
<b>Červen</b>	24	0,474	30,576	203
<b>Červenec</b>	26	0,474	30,576	232
<b>Srpen</b>	26	0,474	30,576	232
<b>Září</b>	24	0,474	30,576	203

Tab. 1: Tepelné ztráty prostupem stěnami bazénu

Při výpočtu spotřeby tepla bude počítáno pouze s tepelnou ztrátou přestupem z vodní hladiny. Vzhledem k tomu, že tepelná ztráta prostupem stěnami bazénu (tj. do okolní zeminy) pod úrovní vodní hladiny je velmi malá, díky velmi dobré izolaci bazénu, může být vzhledem k tepelné ztrátě přestupem z vodní hladiny (viz tab.5) zanedbána.

### Tepelné ztráty přestupem z vodní hladiny

Hodnoty **měrné vlhkosti okolního vzduchu** je možné vypočítat pomocí následujícího vztahu:

$$X_v = 0,662 \frac{\varphi \cdot pp''}{p - \varphi \cdot pp''} \quad [\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.v.}] \quad (3)$$

$\varphi$  ..... průměrná relativní vlhkost vzduchu pro jednotlivé měsíce [-]

$pp''$  ..... tlak nasycených par při teplotě okolního vzduchu  $t_v$  [Pa]

$p$  ..... atmosférický tlak v dané nadmořské výšce [Pa]

Brno p =100 kPa	$t_v$ (°C)	$pp''$ [Pa]	$\phi$	$x_v \cdot 10^3$ $(\text{kg.kg}^{-1} \text{ s.v})$
Květen	14,4	1646	0,64	7,05
Červen	17,9	2058	0,62	8,56
Červenec	19,8	2317	0,61	9,49
Srpen	19,5	2274	0,63	9,62
Září	15,3	1745	0,68	7,95

Tab.2: Měrná vlhkost okolního vzduchu

Hodnoty **součinitele přestupu tepla vypařováním z vodní hladiny** závisí na součiniteli přestupu tepla konvekcí  $\alpha_k$  a je možné je vypočítat pomocí následujícího vztahu:

$$a_{vyp} = \frac{a_k}{c_v} \cdot \frac{x_w'' - x_v}{t_w - t_v} \cdot r \quad [\text{W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (4)$$

$\alpha_k$  ..... součinitel tepla konvekcí, dle umístění bazénu se volí hodnota 10 – 15  $[\text{W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$  pro bazén umístěn na volném prostranství, hodnota 5 - 8  $[\text{W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$  pro bazény v budově, dle zadání budu uvažovat hodnotu 10  $[\text{W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$

$c_v$  ..... měrná kapacita vzduchu,  $c_v = 1010 \text{ [J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$

$r$  ..... výparné teplo vody  $r = 2,4 \cdot 10^6 \text{ [J.kg}^{-1}]$

$x_w''$  ..... měrná vlhkost nasyceného vzduchu při teplotě  $t_w$   $[\text{kg.kg}^{-1} \text{ s.v.}]$

$t_w$  ..... teplota vody v bazénu  $[\text{°C}]$

$t_v$  ..... průměrná teplota okolního vzduchu  $[\text{°C}]$

Měsíc	$t_w$ (°C)	$t_w - t_v$ (°C)	$x_w'' \cdot 10^3$ $(\text{kg.kg}^{-1} \text{ s.v})$	$x_v \cdot 10^3$ $(\text{kg.kg}^{-1} \text{ s.v})$	$(x_w'' - x_v) \cdot 10^3$ $(\text{kg.kg}^{-1} \text{ s.v})$	$\alpha_{vyp}$ $(\text{W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1})$
Květen	24	9,6	19,51	7,05	12,46	30,84
Červen	24	6,1	19,51	8,56	10,95	42,66
Červenec	26	6,2	22,06	9,49	12,57	48,18
Srpen	26	6,5	22,06	9,62	12,44	45,48
Září	24	8,7	19,51	7,95	11,56	31,57

Tab.3: Součinitel přestupu tepla vypařováním z vodní hladiny

### Celkový součinitel přestupu tepla z vodní hladiny $a_{\text{celk}}$

se skládá z přestupu tepla:

- sáláním
- konvekcí
- vypařováním vody

Předpokladem bude, že hladina bazénu bude v době nepoužívání, tj. přes noc a dopoledne zakryta speciální fólií od 21 h do 14 h. Proto se může zanedbat tepelná ztráta přestupem při vypařování z vodní hladiny v této době.

V době nezakryté vodní hladiny:

$$a_{\text{celk}} = \alpha_s + \alpha_k + \alpha_{\text{vyp}} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (5)$$

V době zakryté vodní hladiny:

$$a_{\text{celk}} = \alpha_s + \alpha_k \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (6)$$

$\alpha_s$  ..... součinitel přestupu tepla sáláním, volíme  $5 \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$

	V době nezakryté vodní hladiny: $a_{\text{celk}} = \alpha_s + \alpha_k + \alpha_{\text{vyp}} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$	V době zakryté vodní hladiny: $a_{\text{celk}} = \alpha_s + \alpha_k \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
<b>Květen</b>	45,84	15
<b>Červen</b>	57,66	15
<b>Červenec</b>	63,18	15
<b>Srpen</b>	60,48	15
<b>Září</b>	46,57	15

Tab.4: Celkový součinitel přestupu tepla z vodní hladiny  $a_{\text{celk}}$

**Tepelná ztráta přestupem z vodní hladiny a spotřeba tepla** pro úhradu těchto tepelných ztrát:

$$Q_{\text{ztr}} = \alpha_{\text{celk}} \cdot S \cdot (t_w - t_v) \quad [\text{W}] \quad (7)$$

$S$  ..... plocha hladiny bazénu  $[\text{m}^2]$

$t_v$  ..... průměrná teplota okolního vzduchu  $[\text{°C}]$ , v době nezakryté vodní hladiny je počítáno s průměrnou hodnotou při slunečním svitu, když je bazén zakryt thermo fólií, počítá se s průměrnou teplotou za celý den.

$$Q_{\text{spotř}} = h \cdot n \cdot Q_{\text{ztr}} \cdot 10^{-3} \quad [\text{kW.h}] \quad (8)$$

$h$  ..... počet hodin při zakrytém či nezakrytém stavu bazénu v průběhu jednoho dne

$n$  ..... počet dnů v měsíci

	$t_w$ (°C)	$t_v$ (°C)	$\alpha_{\text{celk}}$ ( $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ )	$t_w - t_v$ (°C)	$Q_{\text{ztr}}$ (W)	$n$ (dnů)	Spotřeba tepla za měsíc (kW.h)
Nezakrytá vodní hladina od 14 do 21 hodin					$\alpha_{\text{celk}} = \alpha_s + \alpha_k + \alpha_{\text{vyp}}$		$Q_{\text{spotř}} = 7 \cdot n \cdot Q_{\text{ztr}} \cdot 10^{-3}$
<b>Květen</b>	24	15,7	45,84	8,3	<b>9816</b>	31	2130
<b>Červen</b>	24	19,2	57,66	4,8	<b>7141</b>	30	1500
<b>Červenec</b>	26	21,3	63,18	4,7	<b>7661</b>	31	1662
<b>Srpen</b>	26	20,6	60,48	5,4	<b>8426</b>	31	1828
<b>Září</b>	24	16,8	46,57	7,2	<b>8651</b>	30	1817
Zakrytá vodní hladina od 21 do 14 hodin					$\alpha_{\text{celk}} = \alpha_s + \alpha_k = 15 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$		$Q_{\text{spotř}} = 17 \cdot n \cdot Q_{\text{ztr}} \cdot 10^{-3}$
<b>Květen</b>	24	14,4	15	9,6	<b>3715</b>	31	1958
<b>Červen</b>	24	17,9	15	6,1	<b>2361</b>	30	1204
<b>Červenec</b>	26	19,8	15	6,2	<b>2399</b>	31	1264
<b>Srpen</b>	26	19,5	15	6,5	<b>2516</b>	31	1326
<b>Září</b>	24	15,3	15	8,7	<b>3367</b>	30	1717

Tab.5: Tepelná ztráta přestupem z vodní hladiny a spotřeba tepla pro úhradu těchto tepelných ztrát

### Získané teplo absorpcí slunečního záření z vodní hladiny:

U nezakrytých venkovních bazénů, na které svítí Slunce, je možno od spotřeby tepla na úhradu tepelné ztráty přestupem z vodní hladiny odečíst hodnotu získaného tepla absorpcí slunečního záření vodní hladinou. Vodní hladina se v tomto případě chová jako vodorovný kolektor (tedy úhel sklonu je 0°), který přijímá přímé záření i difúzní záření při oblačné obloze.

Výpočet takto zachycené energie je velmi podobný počtům s normálními kolektory, počítáno je však se stálou účinností  $\eta_A = 0,85$ , protože se předpokládá odraz 15% záření od vodní hladiny zpět do okolí.

$$Q_{\text{Abs}} = S \cdot \eta_A \cdot Q_{\text{S měs}} \quad [\text{kW.h}] \quad (9)$$

$\eta_A$  ..... účinnost pohlcování energie ze slunečního záření vodní hladinou [-]

$Q_{\text{S měs}}$  ..... průměrná energie dopadající na vodorovnou plochu za jeden měsíc

[kW·h·m<sup>-2</sup>]

	$\eta_A$ [-]	$S_2$ [m <sup>2</sup> ]	* $Q_{S \text{ měs}^{-2}}$ [kW·h·m <sup>-2</sup> ]	$Q_{Abs}$ [kW·h]
<b>Květen</b>	0,85	25,8	154,1	3379,4
<b>Červen</b>	0,85	25,8	155,8	3416,7
<b>Červenec</b>	0,85	25,8	166,5	3651,3
<b>Srpen</b>	0,85	25,8	139,2	3052,7
<b>Září</b>	0,85	25,8	91,2	2000,0
<b>celkem</b>				15500,1

Tab.6: Získané teplo absorpcí slunečního záření z vodní hladiny, \* - hodnoty z [11]

### Výpočet výsledné spotřeby tepla pro jednotlivé měsíce, kterou je nutno zachytit solárními absorbéry:

Odečtením hodnoty “získané energie absorpcí slunečního záření z vodní hladiny“ od “celkové spotřeby tepla potřebného k úhradě tepelné ztráty přestupem z vodní hladiny“ získáme výslednou spotřebu tepla, kterou je nutno uhradit energií zachycenou solárními absorbéry.

$$Q_v = Q_{spotř} - Q_{Abs} \quad [\text{kW}\cdot\text{h}] \quad (10)$$

	$Q_{spotř}$ [kW·h]	$Q_{Abs}$ [kW·h]	$Q_v$ [kW·h]
<b>Květen</b>	4088	3379,4	708,6
<b>Červen</b>	2704	3416,7	-712,7
<b>Červenec</b>	2926	3651,3	-725,3
<b>Srpen</b>	3154	3052,7	101,3
<b>Září</b>	3534	2000,0	1534

Tab.7: výsledná spotřeba tepla pro jednotlivé měsíce

Z výsledků je patrné, že energii bude nutno dodávat v měsících - květnu, srpnu a září. V červnu a červenci je energie absorbovaná vodní hladinou dostatek.

### Účinnost absorberu:

Dalším krokem je určení účinnosti absorberu v jednotlivých měsících:

$$\eta_k = 0,85 - 6 \cdot \frac{t_k - t_v'}{I_{stř}} \quad [-] \quad (11)$$

$I_{\text{stř}}$  ..... střední intenzita slunečního záření na plochu orientovanou na jih,  
pod úhlem sklonu 30° [W.m<sup>-2</sup>]

$t'_v$  ..... střední teplota vzduchu v době slunečního svitu [°C]

$t_k$  ..... =  $t_w$  [°C]

	$t_k$ (°C)	* $t'_v$ (°C)	$t_k - t'_v$ (°C)	* $I_{\text{stř}}$ (W.m <sup>-2</sup> )	$\eta_k$
<b>Květen</b>	24	16,6	7,4	609	0,777
<b>Červen</b>	24	20,6	3,4	611	0,817
<b>Červenec</b>	26	22,5	3,5	609	0,816
<b>Srpen</b>	26	22,6	3,4	574	0,814
<b>Září</b>	24	19,4	4,6	537	0,799

Tab.8: účinnost absorberu, \* - hodnoty z [2]

**Výpočet skutečného množství dopadající energie na absorbéry za jeden den:**

$$Q_{\text{s den}} = Q_{\text{s den teor}} \cdot T \quad [\text{kW}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-2}] \quad (12)$$

$Q_{\text{s den teor}}$  ..... teoreticky možné množství energie dopadající na absorbéry  
za slunečný den [kW.h.m<sup>-2</sup>]

$T$  ..... poměrná doba slunečního svitu [-]

	* $Q_{\text{s den teor}}$ (kW.h.m <sup>-2</sup> )	* $T$ [-]	$Q_{\text{s den}}$ (kW.h.m <sup>-2</sup> )
<b>Květen</b>	9,56	0,51	4,8756
<b>Červen</b>	9,98	0,54	5,3892
<b>Červenec</b>	9,56	0,55	5,2580
<b>Srpen</b>	7,98	0,55	4,3890
<b>Září</b>	6,44	0,53	3,4132

Tab.9: skutečné množství dopadající energie, \* - hodnoty z [2]

**Výpočet energie zachycené plastovým absorberem plochou 1 m<sup>2</sup> za měsíc:**

$$Q_{\text{A měs}} = Q_{\text{s den}} \cdot \eta_k \cdot n \quad [\text{kW}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-2}] \quad (13)$$



	$Q_{s\text{ den}}^{-2}$ [kW·h·m <sup>-2</sup> ]	$\eta_k$	n	$Q_{A\text{ měs}}^{-2}$ [kW·h·m <sup>-2</sup> ]
<b>Květen</b>	4,8756	0,777	31	117,44
<b>Červen</b>	5,3892	0,817	30	132,09
<b>Červenec</b>	5,2580	0,816	31	133,00
<b>Srpen</b>	4,3890	0,814	31	110,75
<b>Září</b>	3,4132	0,799	30	81,81

Tab.10: energie zachycená absorbérem

**Výpočet plochy slunečních absorbérů:**

Podělíme-li výslednou spotřebu tepla pro jednotlivé měsíce energií zachycenou plastovým absorbérem za každý měsíc, dostaneme konečnou plochu absorbérů potřebnou k ohřátí vody v bazénu na požadovanou teplotu. Toto provedeme pouze u měsíců, ve kterých máme energie nedostatek, tedy pro květen, srpen a září.

$$\text{Květen} \quad \dots \quad S_A = \frac{Q_V}{Q_{Aměm}} = \frac{708,6}{117,44} = 6,03 \text{ [m}^2\text{]} \quad (14)$$

$$\text{Srpen} \quad \dots \quad S_A = \frac{Q_V}{Q_{Aměm}} = \frac{101,3}{110,75} = 0,91 \text{ [m}^2\text{]} \quad (15)$$

$$\text{Září} \quad \dots \quad S_A = \frac{Q_V}{Q_{Aměm}} = \frac{1534}{81,81} = 18,75 \text{ [m}^2\text{]} \quad (16)$$

Zvolíme tedy plochu kolektoru  $S_A = 19,2 \text{ m}^2$

**Tepelná bilance:**

	Výsledná spotřeba tepla za měsíc $Q_v$ [kW·h·]	Energie zachycená kolektory za měsíc $S_A \cdot Q_{Aměs}$ [kW·h·]	Výsledná hodnota energie [kW·h·]
<b>Květen</b>	708,6	$19,2 \cdot 117,44 = 2254,8$	- 1546,2
<b>Červen</b>	-712,7	$19,2 \cdot 132,09 = 2536,1$	- 3248,8
<b>Červenec</b>	-725,3	$19,2 \cdot 133,00 = 2553,6$	- 3278,9
<b>Srpen</b>	101,3	$19,2 \cdot 110,75 = 2126,4$	- 2025,1
<b>Září</b>	1534	$19,2 \cdot 81,81 = 1570,8$	-36,8
<b>celkem</b>	905,9	11041,7	-10135,8

Tab.11: výsledná hodnota energie, znaménko minus poukazuje na dostatek energie ve všech měsících

**Zhodnocení:**

Zvolenou plochou kolektorů dosáhneme dostatečné množství energie pro všechny měsíce, ve kterých chceme mít vodu v bazénu ohřátou na požadovanou teplotu.

Vzhledem k tomu že je potřebná plocha kolektorů v září podstatně vyšší než ve zbývajících měsících, mohla by se také naskytnout varianta se zvolenou menší plochou, v tomto případě by voda v bazénu v měsíci září nedosáhla požadované teploty 24°C, protože by byl nedostatek energie zachycené zmíněnou plochou, avšak došlo by ke snížení investic.

Problém s nižší teplotou v září můžeme řešit dvěma způsoby:

- 1) použije se skleníkové zastřešení bazénu, to udrží teplotu vzduchu nad hladinou vody vyšší, důsledkem toho se zmenší součinitel přestupu tepla z vodní hladiny a součinitel přestupu tepla konvencí a zmírní se tak vznik odpadního tepla
- 2) zapojí se elektroohřev do okruhu, který bude v kritických měsících uhrazovat tepelné nedostatky přitápěním

### 5.3. Výpočet plochy absorberů bez nočního zakrývání vodní hladiny

Hodnoty součinitele přestupu tepla vypařováním z vodní hladiny

$$a_{\text{vyp}} = \frac{a_k}{c_v} \cdot \frac{x_w'' - x_v}{t_w - t_v} \cdot r \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (17)$$

Měsíc	$t_w$ (°C)	$t_w - t_v$ (°C)	$x_w'' \cdot 10^3$ (kg.kg s.v)	$x_v \cdot 10^3$ (kg.kg s.v)	$(x_w'' - x_v) \cdot 10^3$ (kg.kg s.v)	$\alpha_{\text{vyp}} \cdot 10^{-1}$ (W.m <sup>2</sup> .K <sup>-1</sup> )
Květen	24	9,6	19,51	7,05	12,46	30,84
Červen	24	6,1	19,51	8,56	10,95	42,66
Červenec	26	6,2	22,06	9,49	12,57	48,18
Srpen	26	6,5	22,06	9,62	12,44	45,48
Září	24	8,7	19,51	7,95	11,56	31,57

Tab.12: Součinitel přestupu tepla vypařováním z vodní hladiny

**Celkový součinitel přestupu tepla z vodní hladiny  $a_{\text{celk}}$**

$$a_{\text{celk}} = \alpha_s + \alpha_k + \alpha_{\text{vyp}} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (18)$$

	V době nezakryté vodní hladiny: $a_{\text{celk}} = \alpha_s + \alpha_k + \alpha_{\text{vyp}}$ $[\text{W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
<b>Květen</b>	45,84
<b>Červen</b>	57,66
<b>Červenec</b>	63,18
<b>Srpen</b>	60,48
<b>Září</b>	46,57

Tab.13: Celkový součinitel přestupu tepla z vodní hladiny  $\alpha_{\text{celk}}$ 

**Tepelná ztráta přestupem z vodní hladiny a spotřeba tepla pro úhradu těchto tepelných ztrát:**

$$Q_{\text{ztr}} = \alpha_{\text{celk}} \cdot S \cdot (t_w - t_v) \quad [\text{W}] \quad (19)$$

$$Q_{\text{spotř}} = h \cdot n \cdot Q_{\text{ztr}} \cdot 10^{-3} \quad [\text{k.W.h}] \quad (20)$$

	$t_w$ (°C)	$t_v$ (°C)	$\alpha_{\text{celk}}$ ( $\text{W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ )	$t_w - t_v$ (°C)	$Q_{\text{ztr}}$ (W)	$n$ (dnů)	Spotřeba tepla za měsíc (kW.h)
Nezakrytá vodní hladina od 14 do 21 hodin				$\alpha_{\text{celk}} = \alpha_s + \alpha_k + \alpha_{\text{vyp}}$	$Q_{\text{spotř}} = 7 \cdot n \cdot Q_{\text{ztr}} \cdot 10^{-3}$		
<b>Květen</b>	24	15,7	45,84	8,3	<b>9816</b>	31	<b>2130</b>
<b>Červen</b>	24	19,2	57,66	4,8	<b>7141</b>	30	<b>1500</b>
<b>Červenec</b>	26	21,3	63,18	4,7	<b>7661</b>	31	<b>1662</b>
<b>Srpen</b>	26	20,6	60,48	5,4	<b>8426</b>	31	<b>1828</b>
<b>Září</b>	24	16,8	46,57	7,2	<b>8651</b>	30	<b>1817</b>
Nezakrytá vodní hladina od 21 do 14 hodin				$\alpha_{\text{celk}} = \alpha_s + \alpha_k + \alpha_{\text{vyp}}$	$Q_{\text{spotř}} = 17 \cdot n \cdot Q_{\text{ztr}} \cdot 10^{-3}$		
<b>Květen</b>	24	14,4	45,84	9,6	<b>11354</b>	31	<b>5984</b>
<b>Červen</b>	24	17,9	57,66	6,1	<b>9075</b>	30	<b>4628</b>
<b>Červenec</b>	26	19,8	63,18	6,2	<b>10106</b>	31	<b>5326</b>
<b>Srpen</b>	26	19,5	60,48	6,5	<b>10142</b>	31	<b>5345</b>
<b>Září</b>	24	15,3	46,57	8,7	<b>10453</b>	30	<b>5331</b>

Tab.14: Tepelná ztráta přestupem z vodní hladiny a spotřeba tepla pro úhradu těchto tepelných ztrát

**Získané teplo absorbcí slunečního záření z vodní hladiny:**

$$Q_{\text{Abs}} = S \cdot \eta_A \cdot Q_{S \text{ měs}} \quad [\text{kW}\cdot\text{h}] \quad (21)$$

	$\eta_A$ [-]	$S$ [m <sup>2</sup> ]	* $Q_{S \text{ měs}}$ [kW·h·m <sup>2</sup> ]	$Q_{\text{Abs}}$ [kW·h·]
<b>Květen</b>	0,85	25,8	154,1	3379,4
<b>Červen</b>	0,85	25,8	155,8	3416,7
<b>Červenec</b>	0,85	25,8	166,5	3651,3
<b>Srpen</b>	0,85	25,8	139,2	3052,7
<b>Září</b>	0,85	25,8	91,2	2000,0
<b>celkem</b>				15500,1

Tab. 15: Získané teplo absorpcí slunečního záření z vodní hladiny, \* - hodnoty z [11]

**Výpočet výsledné spotřeby tepla pro jednotlivé měsíce, kterou je nutno zachytit solárními absorberými:**

Odečtením hodnoty “získané energie absorbcí slunečního záření z vodní hladiny“ od “celkové spotřeby tepla potřebného k úhradě tepelné ztráty přestupem z vodní hladiny“ získáme výslednou spotřebu tepla, kterou je nutno uhradit energií zachycenou solárními absorberými.

$$Q_v = Q_{\text{spotř}} - Q_{\text{Abs}} \quad [\text{kW}\cdot\text{h}] \quad (22)$$

	$Q_{\text{spotř}}$ [kW·h·]	$Q_{\text{Abs}}$ [kW·h·]	$Q_v$ [kW·h·]
<b>Květen</b>	8114	3379,4	4734,6
<b>Červen</b>	6128	3416,7	2711,3
<b>Červenec</b>	6988	3651,3	3336,7
<b>Srpen</b>	7173	3052,7	4120,3
<b>Září</b>	7148	2000,0	5148

Tab. 16: výsledná spotřeba tepla pro jednotlivé měsíce

Z výsledků je patrné, že energii bude nutno dodávat v měsících - květnu, srpnu a září. V červnu a červenci je energie absorbovaná vodní hladinou dostatek.

**Účinnost absorbéru:**

$$\eta_k = 0,85 - 6 \cdot \frac{t_k - t_v'}{I_{stř}} \quad [-] \quad (23)$$

	$t_k$ (°C)	$* t_v'$ (°C)	$t_k - t_v'$ (°C)	$* I_{stř}^{-2}$ (W.m <sup>-2</sup> )	$\eta_k$
<b>Květen</b>	24	16,6	7,4	609	0,777
<b>Červen</b>	24	20,6	3,4	611	0,817
<b>Červenec</b>	26	22,5	3,5	609	0,816
<b>Srpen</b>	26	22,6	3,4	574	0,814
<b>Září</b>	24	19,4	4,6	537	0,799

Tab.17: účinnost absorbéru, \* - hodnoty z [2]

**Výpočet skutečného množství dopadající energie na absorbéry za jeden den:**

$$Q_{s \text{ den}} = Q_{s \text{ den teor}} \cdot T \quad [\text{kW}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-2}] \quad (24)$$

	$* Q_{s \text{ den teor}}^{-2}$ (kW.h.m <sup>-2</sup> )	$* T$ [-]	$Q_{s \text{ den}}^{-2}$ (kW.h.m <sup>-2</sup> )
<b>Květen</b>	9,56	0,51	4,8756
<b>Červen</b>	9,98	0,54	5,3892
<b>Červenec</b>	9,56	0,55	5,2580
<b>Srpen</b>	7,98	0,55	4,3890
<b>Září</b>	6,44	0,53	3,4132

Tab.18: skutečné množství dopadající energie, \* - hodnoty z [2]

**Výpočet energie zachycené plastovým absorbérem plochou 1 m<sup>2</sup> za měsíc:**

$$Q_{A \text{ měs}} = Q_{s \text{ den}} \cdot \eta_k \cdot n \quad [\text{kW}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-2}] \quad (25)$$

	$Q_{s \text{ den}}^{-2}$ [kW.h.m <sup>-2</sup> ]	$\eta_k$	n	$Q_{A \text{ měs}}^{-2}$ [kW.h.m <sup>-2</sup> ]
<b>Květen</b>	4,8756	0,777	31	117,44
<b>Červen</b>	5,3892	0,817	30	132,09
<b>Červenec</b>	5,2580	0,816	31	133,00
<b>Srpen</b>	4,3890	0,814	31	110,75
<b>Září</b>	3,4132	0,799	30	81,81

Tab.19: energie zachycená absorbérem

**Výpočet plochy slunečních absorbérů:**

$$\text{Květen} \quad \dots \quad S_A = \frac{Q_V}{Q_{Am\dot{e}m}} = \frac{4734,6}{117,44} = 40,32 \quad [\text{m}^2] \quad (26)$$

$$\text{Červen} \quad \dots \quad S_A = \frac{Q_V}{Q_{Am\dot{e}m}} = \frac{2711,3}{132,09} = 20,53 \quad [\text{m}^2] \quad (27)$$

$$\text{Červenec} \quad \dots \quad S_A = \frac{Q_V}{Q_{Am\dot{e}m}} = \frac{3336,7}{133} = 25,09 \quad [\text{m}^2] \quad (28)$$

$$\text{Srpen} \quad \dots \quad S_A = \frac{Q_V}{Q_{Am\dot{e}m}} = \frac{4120,3}{110,75} = 37,20 \quad [\text{m}^2] \quad (29)$$

$$\text{Září} \quad \dots \quad S_A = \frac{Q_V}{Q_{Am\dot{e}m}} = \frac{5148}{81,81} = 62,93 \quad [\text{m}^2] \quad (30)$$

**Zhodnocení:**

Předchozí výpočty ukazují jak důležitá je thermo plachta na zakrytí vodní hladiny bazénu. Když se nebude v nočních hodinách hladina zakrývat naroste ztrátové teplo, které budeme muset uhradit, ztráty jsou závislé na součiniteli přestupu tepla z vodní hladiny.

Když nebyla použita krycí fólie, vzrostla plocha kolektorů v některých měsících i mnohokrát více jak 4-krát, což se velmi negativně projeví na pořizovacích investicích.

Proto je tato varianta velmi neekonomická a jasná volba je vodní hladinu v nočních hodinách zakrývat.

## 6. NAVRHOVANÁ VARIANTA A JEJÍ POŘIZOVACÍ CENA

### 6.1. Navrhovaná varianta a typ zapojení

Důležitým faktorem při navrhování varianty a typu zapojení bude, pokud to podmínky dovolí, držet počáteční investice na co nejnižší úrovni.

Podle výpočtů vychází potřebná plocha kolektorů ve variantě s nočním zakrýváním vodní hladiny thermo fólií od 0,91 m<sup>2</sup> do 18,75 m<sup>2</sup>. Plochu kolektorů tedy zvolím 19,2 m<sup>2</sup>. Díky tomuto řešení bude dosaženo ve všech měsících letní sezóny požadované teploty vody v bazénu.

Solární systém bude určen výhradně pro ohřev vody v bazénu, nepředpokládá se pozdější rozšíření systému např. pro ohřev TUV. Proto bude zvolena varianta jednookruhového systému s absorbéry pro přímý ohřev bazénové vody.

## 6.2. Komponenty solárního systému a jejich cena

Komponenty		Ks/m	Cena za kus/m
Solární absorbér <b>Soladur S3</b>		2	5240
Solární absorbér <b>Soladur S4</b>		2	9265
Automatická regulace <b>Solární regulace SH1</b>		1	4000
trojcestný ventil		1	723
Nosná konstrukce kolektorů		2	2520
Hnací jednotka <b>Sonnenkraft RLGP 2270 / 1-13/min.</b>		1	6940
Spojovací potrubí (zahradní hadice) <b>Gardena</b>		30	43
celkem			<b>47003</b>

Tab.20: vybrané komponenty [13]



### 6.3 Návratnost investic

Při výpočtu návratnosti investic do solárního systému se musí počítat s pořizovacími náklady i s provozními náklady za rok. Provozní náklady nebudou nikdy nulové, ať už použijeme jakýkoliv systém.

U vybraného solárního systému nebudou uvažovány náklady na montáž, je předpokládáno, že si majitel bazénu zvládne systém nainstalovat bez pomoci odborníků.

	<b>Cena</b>
<b>Solární systém</b>	cca 47000
<b>Projekt</b>	cca 10000
<b>Montáž</b>	0
<b>Doprava</b>	1800
<b>Provozní náklady</b> na chod čerpadla a hnací jednotky	122
<b>Celkem</b>	58922

Tab.21: celkové vynaložené investice

V místě realizování solárního systému je dodavatelem elektrické energie firma E.ON, vlastníky objektu je využívána dvoutarifová sazba D35d. Sazby cen elektrické energie se pravidelně zvyšují, údaje v tabulce jsou podle aktuálního sazebníku platného od 1. 1. 2009, jsou použity v dalším výpočtu.

elektrina	sazba	Pásmo spotřeby	Cena za kWh [ Kč]		
			EON	ČEZ	PRE
	D35d dvoutarifová sazba (nízký tarif)	jistič do 3x10 A do 1x25 A včetně	2,45183	2,14586	2,23104

Tab.22: sazby cen elektřiny u různých dodavatelů

celkové vynaložené investice	58922 Kč
energie vyrobená absorbéry	11041,7 kWh
Projektovaná životnost	15 let
Sazba za elektor. energii (viz tab. 22)	2,45183

Tab.23: údaje pro výpočet doby návratnosti

**Ušetřené finance za rok**

cena energie za rok (sazba za elektřinu x energie vyrobená absorbéry) – cena dodané energie za rok = Ušetřené finance za rok

$$(11041,7 \times 2,45183) - 0 = \underline{\underline{27072 \text{ Kč}}}$$

**Doba návratnosti solárního systému**

Návratnost =

(investiční náklady + provozní náklady – dotace) / (ušetřené finance za rok )

$$\text{Návratnost} = 58922 / 27072 = \underline{\underline{2,18}}$$

Návratnost investice do solárního systému bude ve zvoleném případě přibližně 2,18 roku.

## 7. ZÁVĚR

V této bakalářské práci jsem řešil návrh solárního systému pro sezónní ohřev vody v bazénu. Návrh jsem dělal pro venkovní bazén u rodinného domku v okolí Brna o ploše vodní hladiny cca 26 m<sup>2</sup>, požadovaná teplota vody je v květnu, červnu a září 24 °C a v červenci a srpnu 26 °C. Pro zmíněné měsíce jsem se zabýval výpočtem plochy kolektorů, vlivem zastřešení bazénu na energetickou bilanci a také dobou návratnosti navržené varianty.

Jako nejvhodnější variantu jsem zvolil jednookruhový systém s přímým ohřevem bazénové vody v solárních absorbérech, a to hlavně z důvodu, že se nepředpokládá pozdější rozšíření solárního systému např. pro ohřev TUV, tato varianta je proto dostačující a také finančně zajímavější než dvoukruhový systém.

Porovnával jsem, jak se bude měnit plocha kolektorů, když se bude zakrývat vodní hladina thermo fólií na dobu, kdy se bazén nepoužívá, a když se zakrývat vůbec nebude.

Ve výpočtech bez nočního zakrývání jsem dosáhl hodnot plochy absorbérů od cca 20 do 63 m<sup>2</sup>. Takto velká plocha absorbérů by byla velmi neekonomická a také drahá. Daleko výhodnější je investovat do bublinkové krycí solární fólie, při jejím nočním použití jsem výpočtem dosáhl hodnot plochy absorbérů od cca 1 do 19 m<sup>2</sup>. Z těchto čísel je patrné, jak důležitou roli hraje právě solární fólie při energetické bilanci a při konečném výpočtu plochy absorbérů.

Pro vybraný systém jsem zvolil použití solárních snadno nainstalovatelných a cenově přijatelných absorbérů Soladur, a to v nejvhodnější kombinaci jednotlivých typů tak, aby se jejich výsledná plocha blížila co nejvíce mnou požadované. Tedy konečná plocha absorbérů použitá pro energetickou bilanci bude 19,2 m<sup>2</sup>.

V důsledku zvolení takovéto plochy absorbérů bude ve všech měsících koupací sezóny dostatek energie na vytopení bazénu na požadované teploty, dokonce v měsících od května do srpna bude teplota vody vyšší než byla požadovaná.

Počáteční investice na pořízení solárního systému se při sezónním využívání vrátí za cca 2,18 roku.

Využívání solárních systémů pro ohřev vody v bazénu, TUV, atd. se stává čím dál tím populárnější, jsou požadovány díky své šetrnosti k životnímu prostředí. Při současném neustálém zvyšování cen elektřiny a zemního plynu a díky snižování cen na realizaci budou tyto systémy v budoucnu stále žádanějšími.

## 8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1L] PAVELEK, M. Termomechanika. Brno : Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2003  
[2L] CIHELKA J., Solární tepelná technika, Praha : Hakl. T. Malina, 1994  
[3L] Kolektiv, Obnovitelné zdroje energie, Praha : FCC Public, 2001

### Seznam použitých internetových odkazů

- [1 ] <http://www.mountfield.cz>  
[2 ] <http://tzb.fsv.cvut.cz/?page=podklady/>  
[3 ] <http://www.aldebaran.cz/>  
[4 ] <http://www.atlaspodnebi.cz/>  
[5 ] <http://energie.tzb-info.cz/>  
[6 ] <http://www.hybrid.cz/>  
[7 ] <http://www.belis.cz/>  
[8 ] <http://www.bazeny-lt.cz>  
[9 ] <http://www.hotjet.cz>  
[10] <http://www.aeg-tepelnacerpadla.cz/>  
[11] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>  
[12] <http://www.ekosolaris.cz/>  
[13] <http://www.solarobchod.cz/>  
[14] <http://www.solarni-systemy.wz.cz/>  
[15] <http://slunecnikolektory.wu.cz/>  
[16] <http://www.juming.cz/>  
[17] <http://www.e-cerpadla.cz/>  
[18] <http://solarni-systemy.shop-y.cz/>  
[19] <http://www.agrimex.cz/>

## 9. SEZNAM POUŽITÝCH VELIČIN

Označení veličiny	Význam	Jednotka
$\alpha_s$	Součinitel přestupu tepla sáláním	$\text{W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
$\alpha_k$	Součinitel přestupu tepla konvekcí	$\text{W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
$\alpha_{\text{vyp}}$	Součinitel přestupu tepla při vypařování vody na hladinu	$\text{W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
$\alpha_{\text{celk}}$	Součinitel přestupu tepla	$\text{W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
$\eta_k$	Účinnost absorbéru	-
$c_v$	Měrná vlhkost okolního vzduchu	$\text{kW.m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$
$x_w''$	Měrná vlhkost nasyceného vzduchu při teplotě $t_w$	$\text{kg.kg}^{-1} \cdot \text{s.v}$
$x_v$	Měrná vlhkost okolního vzduchu při teplotě $t_v$	$\text{kg.kg}^{-1} \cdot \text{s.v}$
$T$	poměrná doba slunečního svitu	-
$I_{\text{stř}}$	Střední intenzita slunečního záření	$\text{W.m}^{-2}$
$S_A$	plocha slunečních absorbérů	$\text{m}^2$
$t_v'$	střední teplota vzduchu v době slunečního svitu	$^{\circ}\text{C}$
$t_w$	Teplota vody bazénu	$^{\circ}\text{C}$
$t_v$	Teplota okolního vzduchu	$^{\circ}\text{C}$
$Q_{\text{Ztr}}$	Tepelná ztráta	$\text{W}$
$Q_{\text{Aměs}}$	Energie zachycená absorbérem za měsíc	$\text{kW.h.m}^{-2}$
$Q_{\text{Sden}}$	Skutečné množství dopadající energie	$\text{kW.h.m}^{-2}$
$Q_{\text{Sdenteor}}$	Teoreticky možné množství dopadající energie	$\text{kW.h.m}^{-2}$
$n$	Počet dnů	-
$\varphi$	průměrná relativní vlhkost vzduchu pro jednotlivé měsíce	-
$pp''$	tlak nasycených par při teplotě okolního vzduchu $t_v$	$\text{Pa}$
$p$	atmosférický tlak v dané nadmořské výšce	$\text{Pa}$
$r$	výparné teplo vody $r = 2,4 \cdot 10^6$	$\text{J.kg}^{-1}$
$S$	Plocha hladiny bazénu	$\text{m}^2$
$V$	Objem bazénu	$\text{m}^3$
$Q_{\text{spotř}}$	spotřeba tepla pro úhradu teelných ztrát	$\text{k.W.h}$
$h$	počet hodin při zakrytém či nezakrytém stavu bazénu v průběhu jednoho dne	-
$Q_v$	výsledné spotřeby tepla	$\text{kW.h}$

$Q_{S\text{més}}$	průměrná energie dopadající na vodorovnou plochu za jeden měsíc	$\text{kW}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-2}$
$\eta_A$	účinnost pohlcování energie ze slunečního záření vodní hladinou	-
$Q_Z$	Tepelné ztráty prostupem stěnami bazénu	W
A	plocha bazénových stěn	$\text{m}^2$
U	součinitel prostupu tepla stěnami bazénu	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$
$t_e$	teplota zeminy za stěnou bazénu	$^{\circ}\text{C}$
$R_Z$	tepelný odpor zeminy	$\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$
$d_{iz}$	tloušťka izolace stěny bazénu	m
$\lambda_{iz}$	tepelná vodivost izolace bazénu	$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
$d_s$	tloušťka stěny bazénu	m
$\lambda_s$	tepelná vodivost stěny bazénu	$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$