VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

TEPLOVODNÍ OTOPNÉ SOUSTAVY SE SOLÁRNÍMI PRVKY
HOT WATER HEATING SYSTEMS WITH SOLAR COMPONENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR´S THESIS

AUTOR PRÁCE RADOVAN UMÝSA
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. JAROSLAV KATOLICKÝ, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2009

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá popisem teplovodních otopných soustav s využitím solárních prvků. Tato práce se skládá ze dvou částí. V první části bakalářské práce jsou popsány druhy teplovodních otopných soustav a jejich rozdělení podle různých hledisek. Dále jsou uvedeny základní druhy komponentů, kterých je využíváno v takových soustavách. V práci se také pojednává o využití slunečního záření k získání tepelné energie pomocí slunečních kolektorů. Druhá část práce je zaměřena na technicko-ekonomické porovnání solárních systémů pro ohřívání TV a vytápění s využitím dvou různých druhů slunečních kolektorů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Otopná soustava, solární systém, sluneční kolektory, tepelná energie, teplonosná látka, sluneční záření.

ANNOTATION

Bachelor's thesis deals with the description of hot-water heating systems using solar elements. This work consists of two parts. In the first part of thesis describes types of hot-water heating systems and their distribution according to different aspects. The following are the basic types of components, which are used in such systems. The work also discusses the use of sunlight to obtain thermal energy using solar collectors. The second part of work is focused on technical-economic comparison of solar heating systems for TV and heating, using two different types of solar collectors.

KEYWORDS

Heating system, solar system, solar collectors, thermal energy, heat substance, solar radiation.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

UMÝSA, R. *Teplovodní otopné soustavy se solárními prvky.*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 43 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Čestně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma teplovodní otopné soustavy se solárními prvky vypracoval samostatně bez cizí pomoci. Vycházel jsem při tom ze svých znalostí s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu.

V Brně dne 29. května 2009

…………………………………

Radovan Umýsa

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Jaroslavu Katolickému, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům, že mi umožňují studium na vysoké škole a po celou dobu mě podporují.

OBSAH

ÚVOD 8

1. TEPLOVODNÍ OTOPNÉ SOUSTAVY 9
2. DRUHY TEPLOVODNÍCH OTOPNÝCH SOUSTAV 9
   2.1. Rozdělení otopných soustav podle umístění zdroje tepla 9
   2.2. Rozdělení otopných soustav podle způsobu zajištění průtoku otopné vody 10
   2.3. Rozdělení otopných soustav podle vzájemného propojení otopných ploch 11
      2.3.1. Umístění ležatého rozvodu 13
      2.3.2. Způsob vedení přípojek k tělesům 14
   2.4. Použití dvoutrubkové a jednotrubkové soustavy 14
3. NAVRHOVÁNÍ POTRUBNÍCH SÍTÍ OTOPNÝCH SOUSTAV 15
   3.1. Teplotní parametry otopné soustavy 16
   3.2. Druhy otopných ploch 16
   3.3. Teplonosné látky 17
      3.3.1. Teplota otopné vody 18
   3.4. Konstrukce expanzního zařízení 19
   3.5. Materiál rozvodu 19
4. SOLÁRNÍ SYSTÉMY 20
   4.1. Sluneční (globální) záření 20
   4.2. Možnosti využití slunečního záření 21
   4.3. Druhy slunečních kolektorů 22
5. POROVNÁNÍ SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ 25
   5.1. Výpočet celkové energie pro přípravu TV a vytápění 25
   5.2. Analýza slunečního záření 27
   5.3. Výpočet ekonomické návratnosti 33
6. Závěr 40

ÚVOD

Již v pravěkých dobách bylo hlavním cílem lidstva zajistit si optimální podmínky pro život. Tyto podmínky se vyvíjeli spolu se základními potřebami člověka a promítly se do vytvoření obytného prostředí. Ke splnění lidských potřeb by mělo obytné prostředí splňovat několik podmínek jako například tepelnou pohodu, čistotu, bezpečí atd. Tepelná pohoda byla odpradávna zajišťována různými způsoby vytápění, které se postupem času vyvíjely až do dnešní doby. V současnosti je nejrozšířenější způsob vytápění pomocí teplovodních otopných soustav. Spolu s vývojem a modernizací budov se začaly objevovat nové způsoby rozvodu tepla do vytápěných prostorů ať už v jednom domě, nebo ve více domech najednou. K získávání tepla lze využívat různých zdrojů energie.

V současné době lze vnímat zájem společnosti o velké šetření těchto energií a to ve všech svých oblastech. Tento fakt je určen zejména ubýváním tradičních energetických zdrojů (fosilní paliva atd.), ale také ekonomickou a ekologickou situací ve světě. Prozatím je nejpoužívanějším způsobem získávání energie pomocí fosilních paliv, které však svým spalováním vytvářejí skleníkové plyny a další škodliviny, které jsou nebezpečné jak pro lidstvo, tak pro přírodu. Z těchto důvodů si společnost začala klást otázku, jakým jiným způsobem by se tato energie dala získávat. Tím se dostáváme k faktu, že nejlepší by bylo využívat obnovitelných zdrojů energie (např. biomasa, tepelné čerpadlo, sluneční záření, větrná energie), které již dokážeme získávat. Jedním z možných obnovitelných zdrojů je tedy získávání energie pomocí solárních systémů, které využívají slunečního záření. Solární systémy se s výhodou využívají pro ohřev TV a vytápění, proto je řadíme mezi prvky otopných soustav.

1. TEPLOVODNÍ OTOPNÉ SOUSTAVY

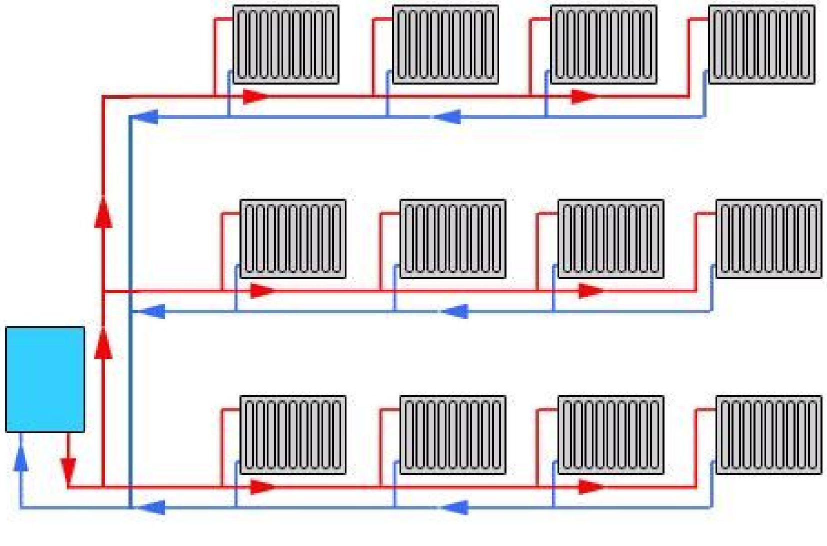
Pod pojmem otopná soustava se rozumí soustava, ve které se teplo vyrábí, či do ní vstupuje a dopravuje se dále teplonosnou látkou potrubím ke spotřebičům. V teplovodní otopné soustavě je teplonosnou látkou otopná voda. Soustava se skládá ze zdroje tepla, rozvodů tepla, (ty tvoří tepelná síť, úpravny parametrů, přípojky, armatury) a z odběrů tepla (otopné plochy). Tepelná soustava se může sestávat i z více dílčích soustav. V teplovodní otopné soustavě je zajištěn průtok otopné vody od výměníku topného zdroje k otopné ploše. Voda je tedy ohřívána zdrojem tepla (např. kotle na fosilní paliva, plynové a elektrické kotle), který může být umístěn přímo v budově, ve které je vytápěná místnost nebo je umístěn ve vzdáleném okolí (teplárna, elektrárna). Podle tohoto umístění zdroje tepla lze teplovodní soustavy rozdělit na soustavy s ústředním zdrojem vytápění, etážovým zdrojem vytápění a dálkovým zdrojem vytápění (společným pro vytápění více budov).

2. DRUHY TEPLOVODNÍCH OTOPNÝCH SOUSTAV

2.1. Rozdělení otopných soustav podle umístění zdroje tepla

– **Ústřední zdroje vytápění**

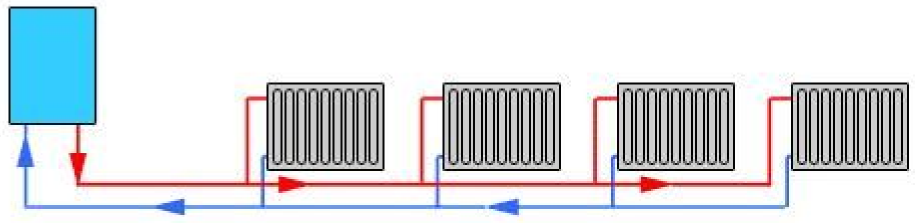
V případě použití ústředního zdroje vytápění se zdroj tepla (např. kotel na fosilní paliva) nachází přímo v objektu, ve kterém se nachází odběr tepla (Obr. 1). Rozvod teplonosné látky do jednotlivých podlaží domu je zajištěn pomocí svislých rozvodů a k otopným plochám pomocí ležatých rozvodů. Otopné plochy následně odeberou teplo teplonosné látce a předají ho prostřednictvím vzduchu do vytápěného prostoru. Ústřední zdroje jsou většinou užívány pro rodinné domky a chaty, protože jsou cenově výhodné a v případě plynového nebo elektrického kotle i pohodlné. V otopných soustavách se solárními prvky se většinou využívá právě ústředního zdroje vytápění, protože je to nejvýhodnější z hlediska umístění zdroje, jednoduchosti rozvodů a jejich ztrát.



Obr.1 Schématické znázornění principu ústředního vytápění [5].

– **Etážové zdroje vytápění**

Při použití etážového zdroje vytápění se zdroj tepla (např. plynový kotel s atmosférickým hořákem) nachází přímo v podlaží budovy, ve kterém se nachází odběr tepla (Obr. 2). Každé podlaží má proto k dispozici svůj zdroj tepla a díky tomu je možné odděleně určit spotřebu paliva. Tento způsob vytápění se používá pro vytápění jednotlivých bytů v rodinných domcích, činžovních domech, nebo tam, kde má objekt jen jedno podlaží.



Obr.2 Schématické znázornění principu etážového vytápění [5].

– **Dálkové zdroje vytápění**

V případě dálkového zdroje vytápění se zdroj tepla (teplárna, elektrárna nebo spalovna) nachází mimo budovu, ve které se nachází odběr tepla. Dálkový zdroj tepla vzniká většinou jako vedlejší produkt ve spalovnách odpadu nebo např. také v elektrárnách, které primárně slouží k výrobě elektřiny. Tyto tepelné soustavy se mohou skládat celé z vodní části nebo někdy jsou v primární části parní a v sekundární části vodní.

2.2. Rozdělení otopných soustav podle způsobu zajištění průtoku otopné vody

– **Soustavy s nuceným oběhem**

Teplovodní otopná soustava s nuceným oběhem otopné vody je taková soustava, kde oběh otopné vody zajišťuje oběhové čerpadlo. V dnešní době je to téměř výhradní způsob zajištění cirkulace otopné vody. Paralelně se soustavou se občas navrhuje obtok, který po vypnutí čerpadel a po otevření armatury umožní přirozený oběh, a tím i chlazení kotle (např. při výpadku elektrického proudu u kotelen na tuhá paliva). Mezi výhody nuceného oběhu patří zajištění lepších hydraulických a teplotních parametrů, dobrá regulace a možnost měření spotřeby tepla. Návrhem menších jmenovitých světlostí potrubí lze volit i vyšší rychlosti proudění teplonosné látky. Soustavy s nuceným oběhem dovolují umístit zdroj tepla do stejné úrovně, jako jsou umístěny otopné plochy nebo pod tuto úroveň. Tyto soustavy jsou vhodné pro budovy s větším tepelným příkonem, větším půdorysem a u budov s komplikovanějšími potrubními sítěmi.

– **Soustavy s přirozeným oběhem**

U teplovodní otopné soustavy s přirozeným oběhem je cirkulace otopné vody zajišťována na základě rozdílných hustot vratné (ochlazené) a přívodní (teplé) otopné vody. Přetlak (účinný tlak) způsobí pohyb vody v okruhu kotel – otopné těleso – kotel a tak dochází k přirozenému oběhu otopné vody. Pro získání dostatečného vztlaku se většinou navrhuje vyšší teplotní spád např. 90/70 °C. Tento oběh je vhodný pro menší soustavy, malé půdorysy budov s většími výškovými rozdíly mezi otopnými tělesy a zdrojem tepla. Větší výškový rozdíl totiž zajišťuje dostatečný rozdíl hydrostatických tlaků v okruhu. Dnes se tento systém pro cirkulaci otopné vody prakticky nevyužívá. Výhoda tohoto systému spočívá v nezávislosti

na dodávce elektrické energie pro pohon čerpadla. To má velký význam pro kotle na tuhá paliva, protože je zajištěn trvalý odběr tepla a nehrozí tak poškození kotle.

– **Použití nuceného a přirozeného oběhu v solárních systémech**

U zdroje energie získané ze solárních kolektorů je důležité zajistit stálý odběr tepla z kolektorů, protože by hrozilo jejich přehřátí a možné poškození. V tomto ohledu by bylo vhodnější použít oběh s přirozeným oběhem z důvodů stálého oběhu bez nutnosti dodávky elektrické energie. Přirozený oběh však nelze zajistit, protože zdroj tepla (sluneční kolektory) jsou umístěny nad úrovní otopných ploch a není tak dosaženo potřebného přetlaku. Také využívání vyššího teplotního spádu je pro otopné soustavy se solárními prvky nevhodné. Z těchto důvodů se využívají spíše soustavy s nuceným oběhem, u kterých není teplotní spád tak důležitý a nezáleží na výškové úrovni zdroje tepla. V současnosti jsou soustavy s nuceným oběhem doplňovány záložními elektrickými zdroji pro pohon čerpadel z důvodů stálé dodávky elektrické energie při případném výpadku elektrického proudu.

2.3. Rozdělení otopných soustav podle vzájemného propojení otopných ploch

– **Jednotrubkové otopné soustavy**

V jednotrubkových otopných soustavách (JOS) jsou jednotlivá tělesa mezi sebou propojena sériově. To znamená, že v jednotlivých úsecích mezi tělesy protéká směs přiváděné a vratné vody (Obr. 3b), což znemožňuje jednoznačně určit, jedná-li se o přívodní nebo vratné potrubí. Použití těchto soustav bývá problematické vzhledem k regulaci, protože teplota přiváděné otopné vody do jednotlivých těles postupně klesá a tím se mění i měrný výkon na jednotlivých otopných tělesech. Následkem tohoto zapojení vyplývá nutnost přepočtu velikosti otopných těles podle skutečných teplot otopné vody v daných umístěním tělesa v okruhu. Jednotrubkové otopné soustavy mohou být rozděleny na vertikální (JVOS) a horizontální (JHOS).

V dnešní době mají význam především moderní jednotrubkové horizontální otopné soustavy (JHOS) s obtokem či směšovací armaturou a to s dvoubodovým, nebo jednobodovým napojením. JHOS má svá specifika, která vyžadují složitější způsob navrhování. Nejsou zde uměle zvyšovány hydraulické odpory pro zabezpečení teplotní a hydraulické stability a tak je žádoucí co nejpřesnější návrh. Jak již bylo uvedeno, JOS může být provedena jako horizontální (JHOS) či vertikální (JVOS). U JVOS je možný jak horní rozvod, tak i spodní rozvod či jejich kombinace. Podle volby JOS plynou příslušné výhody a nevýhody [1].

– **Výhody JHOS:**

- Snadná přizpůsobivost stavební konstrukci
- Minimální počet svislých rozvodů, čímž odpadají četné prostupy stropními konstrukcemi, s čímž souvisí zmenšení přenosu hluku mezi podlažími
- Zmenšení hlavní rozvodné horizontální sítě
- Umožňuje kalorimetrické měření spotřeby tepla bytových jednotek, jakož i jednotlivých okruhů
- Jednoduchá montáž zároveň se stavbou objektu, podlaží je možno napojovat okamžitě na zdroj tepla

- Usnadněná zónová regulace a uzavírání po patrech či okruzích
- Při rekonstrukci budovy je možné připojovat další okruhy
- Horizontální rozvody podél obvodových stěn zvyšují jejich povrchové teploty a tak se u nevhodně provedených stěn potlačuje jejich vlhkost [1]

– **Nevýhody JHOS a JVOS:**

- Střední teplota otopného tělesa ve směru proudění okruhem neustále klesá, čímž klesá měrný výkon otopného tělesa a otopnou plochu je třeba zvětšovat
- Při menším počtu těles na okruhu budou při vyřazení z provozu jednoho z nich ostatní ovlivněna. Čím větší bude počet těles a čím menší ochlazení na okruhu, tím menší bude ovlivňování
- Je nutné odvzdušňovat každé otopné těleso
- JVOS jsou vhodné pouze pro vysoké domy, neboť se zde projeví nejméně uzavření některého z otopných těles [1]

– **Dvoutrubkové otopné soustavy**

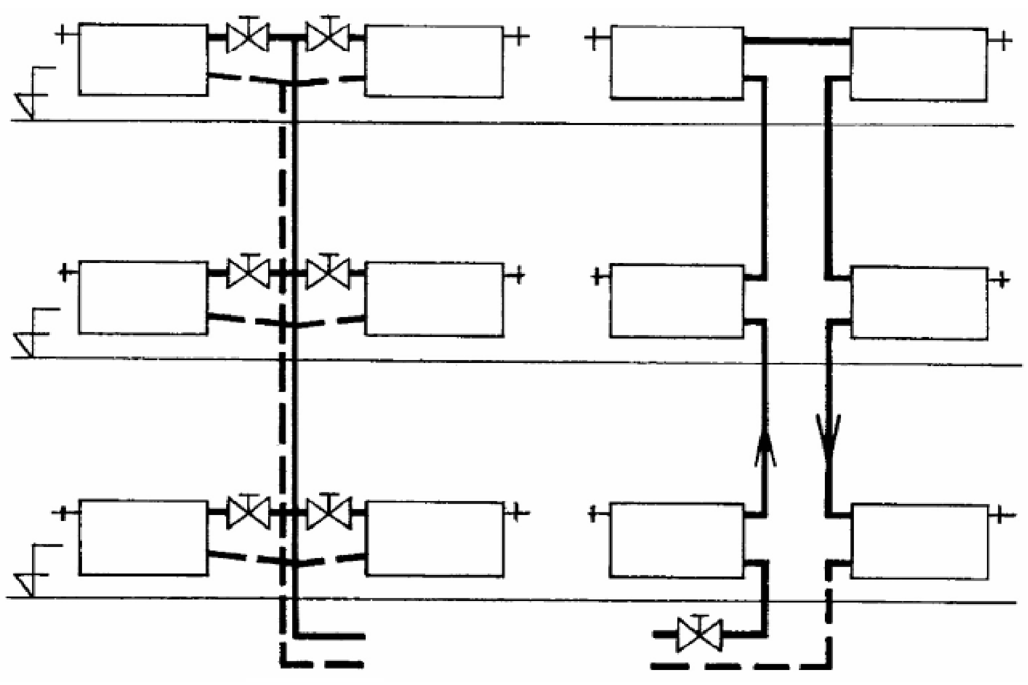
V dvoutrubkových otopných soustavách jsou jednotlivá tělesa mezi sebou propojena paralelně. To znamená, že můžeme jednoznačně určit, které potrubí je přívodní a vrátné (Obr. 3a). Přívodním potrubím protéká otopná voda od zdroje do otopných těles a vratným potrubím protéká ochlazená voda zpět od otopných těles ke zdroji. Otopná voda se tedy již nemísí, jako tomu bylo u jednotrubkové soustavy, ale všechna tělesa pracují se „stejnými" teplotními parametry otopné vody. Dvoutrubkové otopné soustavy patří k nejpoužívanějším soustavám. Podle vzájemného vztahu vedení přívodního a vratného potrubí rozlišujeme protiproudé a souproudé zapojení.

– **Protiproudé zapojení**

Protiproudé zapojení (větvené, stromeček) je zapojeno tak, že vratné potrubí s ochlazenou vodou je vedeno stejnou trasou jako potrubí přívodní s otopnou vodou, ale proudí opačným směrem. Délka vrátného potrubí a přívodního potrubí se mění v závislosti na vzdálenosti jednotlivých otopných těles. Proto tělesa umístěná ve vzdálenějších místech jsou v nevýhodě z důvodu tlakových ztrát třením.

– **Souproudé zapojení**

Souproudé zapojení (Tichelmannovo) je zapojeno tak, že vratné potrubí je vedeno souběžně s přívodním potrubím a proto pro všechna místa rozvodu je součet vratného a přívodního potrubí konstantní. Díky stejným tlakovým poměrům pro všechny odběry připojené na souproudý rozvod zajišťují i vysokou hydraulickou stabilitu soustavy. Tyto soustavy jsou vhodné, pokud potřebujeme zajistit rovnoměrné zásobování otopnou vodou pro více míst.



Obr.3 Schéma dvoutrubkové (a) a jednotrubkové otopné soustavy (b) [1].

2.3.1. Umístění ležatého rozvodu

Podle umístění ležatého rozvodu vzhledem k tělesům rozlišujeme soustavy s dolním rozvodem, s horním rozvodem a kombinovaným rozvodem [1].

– **Soustavy se spodním rozvodem**

V soustavách se spodním rozvodem je rozvod veden v nejnižším podlaží pod stropem nebo v kanálu v podlaze a na něj jsou napojeny stoupačky. Tento způsob vedení je nejčastěji používán u podsklepených budov se zdrojem tepla umístěným v nejnižším podlaží [1].

– **Soustavy s horním rozvodem**

Pokud objekt není podsklepen a v nejnižším podlaží není možné např. z dispozičních důvodů vést ležaté rozvody, je možné použít soustavu s horním rozvodem, kde je tento rozvod uložen např. v půdním prostoru. Stejně tak můžeme o použití této soustavy uvažovat, je-li zdroj tepla umístěn na střeše objektu. Soustava s horním rozvodem s sebou přináší mnoho komplikací, zvláště u budov s plochou střechou bez technického podlaží a tak je jeho použití v těchto budovách spíš výjimkou [1].

– **Soustavy s kombinovaným horním nebo dolním rozvodem**

Soustavy s kombinovaným horním nebo dolním rozvodem, jsou kombinací výše uvedených způsobů zapojení. Používá se jich spíš výjimečně v těch budovách, kde je možné vést ležaté rozvody jak v nejnižším tak v nejvyšším podlaží např. u vertikální jednotrubkové soustavy. Příkladem tohoto způsobu vedení ležatého rozvodu je i dvoutrubková etážová soustava s přirozeným oběhem, kde je přívodní potrubí vedeno pod stropem a vratné při podlaze [1].

2.3.2. Způsob vedení přípojek k tělesům

Podle způsobu vedení rozvodu, na který jsou napojeny přípojky otopných těles, rozlišujeme soustavy horizontální, vertikální a hvězdicové.

– **Horizontální soustava**

Horizontální soustava je charakteristická malým počtem stupaček, na tyto stupačky jsou v jednotlivých podlažích připojeny horizontální ležaté okruhy. Připojení otopných těles k horizontálnímu okruhu je potom realizováno vertikálními přípojkami.

– **Vertikální soustava**

Vertikální soustava je charakteristická vyšším počtem stupaček, na které jsou přímo napojena otopná tělesa. Připojení otopných těles u klasicky prováděných soustav je realizováno pouze krátkými horizontálními přípojkami.

– **Hvězdicová soustava**

V podstatě se jedná o dvoutrubkovou soustavu s omezeným počtem stupaček a velmi dlouhými přípojkami otopných těles. Hvězdicová soustava je charakterizována umístěním stupačky v centru dispozice objektu, na kterou je v každém podlaží připojen podlažní rozdělovač a sběrač se samostatným napojením každého otopného tělesa. Využívají se pro použití plastových rozvodů.

2.4. Použití dvoutrubkové a jednotrubkové soustavy

– **Délka rozvodů**

Vhodně zvolenou jednotrubkovou soustavou lze dosáhnout kratších rozvodů, neboť v mnoha případech odpadá vratné potrubí vedené souběžně s přívodním tak, jak je tomu u dvoutrubkových soustav. Úspora na materiálu rozvodů je však snížena o nákladnější armatury u otopných těles. Hlavní výhodu jednotrubkové soustavy (pouze jedno potrubí na okruhu otopných těles) využíváme především tam, kde je možné připojit otopná tělesa okruhem mezi přívodní a vratnou stoupačkou [1].

– **Oběh otopné vody**

Obě soustavy v principu nevylučují použití jak přirozeného tak nuceného oběhu. U dvoutrubkových soustav se v praxi používá obou způsobů oběhu otopné vody, u jednotrubkových soustav díky vyšším hydraulickým odporům a často výškově rozmanitému vedení rozvodů je použití přirozeného oběhu výjimkou [1].

– **Měření a regulace**

Požadavky na regulaci předurčují řešení otopné soustavy. Hvězdicové dvoutrubkové soustavy jsou vhodné tam, kde je potřeba individuálně regulovat jednotlivá otopná tělesa. Horizontální jednotrubkové soustavy jsou vhodné především tam, kde je požadavek na společnou regulaci jednotlivých půdorysně nepravidelných zón (především soustavy s uzavřeným okruhem). Dvoutrubkové vertikální soustavy nebo jednotrubkové horizontální s rozvinutým okruhem jsou vhodné pro objekty členěné podle světových stran [1].

– **Stavební úpravy**

Stavební úpravy a vliv otopné soustavy na interiér závisí na mnoha faktorech, daných celkovou koncepcí stavby. Pokud má být potrubí skryto, je výhodnější jednotrubková horizontální soustava, kde lze vhodným uspořádáním minimalizovat počet viditelných vedení v interiéru, zvláště při použití jednobodového napojení otopných těles při podlaze. Relativně malé dimenze rozvodů a použití trubních materiálů s povrchovou úpravou umožňují i vedení rozvodu při podlaze místnosti [1].

3. NAVRHOVÁNÍ POTRUBNÍCH SÍTÍ OTOPNÝCH SOUSTAV

Navrhování teplovodních otopných soustav se provádí jako u většiny prvků budov dvoustupňově. V prvním stupni se provede návrh tras a parametrů potrubní sítě, v druhém se pak provede hydraulický výpočet a návrh zaregulování celé soustavy.

Vhodně navržené prostorové uspořádání potrubní sítě otopné soustavy je základním předpokladem pro její dobrou funkci a splynutí se stavbou. Proto dobře navržená soustava zajišťuje nejen požadovanou tepelnou pohodu, ale zároveň by neměla narušovat interiér ani konstrukci budovy. Z provozního hlediska by všechny soustavy měly umožňovat úplné odvodnění (v případě odstavení soustavy v zimním období) a úplné odvzdušnění v rozsahu celé potrubní sítě. Potrubní rozvody musí být navrženy a dimenzovány tak, aby odpovídaly množství transportované teplonosné látky pro požadovaný tepelný výkon, přivedený ke všem místům otopné soustavy. Výchozí informace pro návrh otopné soustavy jsou:

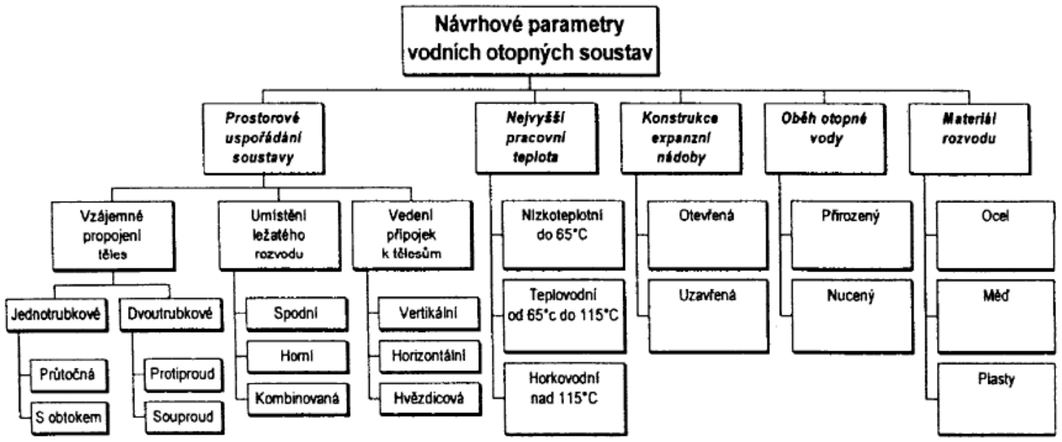
- Umístění stavby.
- Účel objektu (obytná budova, občanská vybavenost, průmysl, sportovní stavby)
- Provoz objektu (přerušovaný, nepřetržitý, počet provozních jednotek)
- Konstrukce budovy z hlediska tepelně technických vlastností
- Konstrukce budovy z hlediska uložení potrubí
- Rozmístění, druh a typ otopných ploch [1]

Návrh otopné soustavy je v podstatě volba jednotlivých parametrů soustavy z hlediska minimálních provozních a investičních nákladů s přihlédnutím ke specifickým podmínkám daného objektu.

Otopná soustava je definována parametry geometrickými, teplotními, tlakovými a materiálovými (Obr. 4):

- Prostorové uspořádání otopné soustavy
  - Vzájemné propojení otopných těles
  - Umístění ležatého rozvodu
  - Vedení přípojek k tělesu
- Nejvyšší pracovní teplota otopné vody
- Provozní tlak
- Tlaková ztráta
- Konstrukce expanzní nádoby

- Způsob oběhu otopné vody
- Vedení trubního rozvodu a jeho ochrana, přístupnost pro kontrolu a opravu
- Materiál potrubní sítě
- Požární odolnost
- Obsluha a údržba, včetně plnění, vypouštění a odvzdušnění [1]



Obr.4 Návrhové parametry vodních otopných soustav [1].

3.1. Teplotní parametry otopné soustavy

Otopnou soustavu z teplotního hlediska charakterizují tyto hodnoty:

- Teplota otopné vody na vstupu do otopné soustavy t_1;
- Teplota otopné vody na výstupu z otopné soustavy t_2;
- Teplota otopné vody na vstupu do otopného tělesa tw_1;
- Teplota otopné vody na výstupu z otopného tělesa tw_2;
- Nejvyšší teplota povrchu otopných těles t_{Tpmax};
- Střední teplota otopného tělesa t_{wm};

Rozdíl teplot t_1 a t_2 se nazývá **teplotní spád otopné soustavy.**

Rozdíl teplot tw_1 a tw_2 se nazývá **teplotní spád na otopném tělese** [1].

Při návrhu otopné soustavy tyto teploty volíme podle typu použité otopné soustavy a otopných těles. V soustavě se solárními prvky je vhodné využít nižších teplotních spádu z důvodu lepšího energetického využití kolektorů.

3.2. Druhy otopných ploch

Úkolem otopných ploch je odebraní tepla teplonosné látce a jeho následné předání do vytápěného prostoru pomocí okolního vzduchu. Dnes již existují různé druhy otopných ploch, které jsou instalovány do otopných soustav. Například u tradičních radiátorů je prostor ohříván z jednoho místa, a to relativně vysoko nad podlahou, takže rozložení teplot v místnosti je velmi nerovnoměrné. Naopak v tomto směru je výhodné využít podlahového vytápění, kde teplo postupuje od spodu a lépe tak zajistí rovnoměrné rozložení teplot

v místnosti. To má zapříčinění, že lze dosáhnou subjektivně srovnatelné tepelné pohody při teplotě vzduchu o 2-3°C nižší než při vytápění klasickými radiátory a tím se sníží potřebná energie na vytápění.

- **Desková otopná tělesa** - Za desková otopná tělesa lze pokládat souvislé hladké desky popř. se zvětšením povrchu, zvlněním nebo konvekčním plechem v různém montážním uspořádání. Deskové otopná tělesa dnes patří mezi nejčastěji používaná a to u všech typů soustav.
- **Článková otopná tělesa** – Jsou složena z jednotlivých článků, bez ohledu na jejich tvar. Tyto články se vyrábí z různých materiálů a různými technologickými postupy (např. lisováním, odléváním, tlakovým litím).
- **Trubková otopná tělesa** - Podstatou řešení trubkových těles jsou rozvodné a sběrné komory, navzájem spojené řadou trubek menších průřezů. Trubky mohou být kruhového, čtvercového, obdélníkového či obecně kombinovaného průřezu. Trubky bývají uspořádány různým způsobem ve tvaru (např. meandru, registru s vodorovnými trubkami, registru se svislými trubkami).
- **Konvektory** - Konvektor je otopné těleso, které sdílí teplo do vytápěného prostoru převážně konvekcí. Skládá se obvykle z výměníku tepla a skříně opatřené v horní části výdechovou mřížkou. Konvektory jsou pojmenovány podle toho, kde je umístěn otopný článek (výměník tepla). Lze je tedy rozdělit na skříňové, soklové a zapuštěné.
- **Podlahové otopné plochy** – V zásadě existují dva způsoby pokládání podlahového vytápění tzv. „mokrý“ a „suchý“. Mokrý systém je charakterizován soustavou trubek položených na tepelné izolaci, přikrytých folií a zalitých betonovou nebo samonivelační anhydritovou směsí. Suchý systém je popsán pokládáním sestav desek z izolací, do nichž se vloží teplovodivé lamely z pozinkovaného plechu a následně trubky. Podlahové vytápění využívá nižších provozních teplot a tedy i nižších teplotních spádů, proto jsou nejvhodnější použít ve spojení s nízkoteplotními zdroji tepla (solární systémy, tepelná čerpadla apod.).
- **Stěnové otopné plochy** – Jsou v podstatě obdobou podlahového vytápění. Zásadní rozdíl je v uložení trubek do stěny místnosti pod tenkou vrstvou omítky, taková stěna pak představuje velkoplošné otopné těleso.

Je omylem se domnívat, že do nízkoteplotních otopných soustav (solárních soustav) patří pouze podlahové a stěnové vytápění. Otopné soustavy s otopnými tělesy lze při dnešních teplo-technických vlastnostech obvodových konstrukcí bez problémů navrhovat jako nízkoteplotní aniž bychom měli problémy s velikostí otopných těles. Je však třeba rozlišovat jaký druh či typ otopného tělesa použít [8].

3.3. Teplonosné látky

Teplonosnou látkou mohou být páry, plyny a kapaliny, které by měli mít tyto základní vlastnosti: přenáší co největší množství tepla vztaženého na jednotku objemu, jsou levné a dostupné, jsou chemicky stálé v rozsahu používaných tlaků a teplot, nekorodují potrubí, nejsou jedovaté, výbušné, hořlavé, viskózní, netuhnou při nízkých teplotách a dovolují možnost regulace přenášeného výkonu.

Dosud není známa teplonosná látka splňující všechny základní požadavky. Nejvíce požadavků splňují silikonové oleje s bodem varu 300 až 400 °C při atmosférickém tlaku a bodem tuhnutí pod -35 °C. Jejich nedostatkem je však menší měrná tepelná kapacita a vysoká výrobní cena. Proto se jako teplonosná látka obvykle používá voda. Soustava o teplotě

otopné vody do 115 °C se označuje jako teplá, nad 115 °C jako horká. Voda je chemicky stabilní do teploty 200 °C. Obsahuje vápenaté a křemičité soli a pohlcené plyny (O2, CO2, N2). Má-li voda sloužit jako teplonosná látka, musí se chemicky upravovat a odplynovat. Tato úprava není však zvlášť nákladná [3].

Voda se vyznačuje z dostupných látek největší měrnou tepelnou kapacitou, což ji řadí mezi nejpoužívanější teplonosnou látku. Přenosová schopnost horkovodních sítí je proto při stejném průměru potrubí větší než například u sítí parních. Výhody a nevýhody použití vody jako teplonosné látky nám popisuje tabulka 1.

Tab.1 Použití vody jako teplonosné látky [3]

Teplonosná látka	Výhody	Nevýhody
Voda – teplá < 115°C – horká > 115°C	– Lepší regulovatelnost výkonu – Menší tepelné ztráty sítí – Větší měrná výroba elektřiny v kombinovaném cyklu – Větší tepelně akumulační schopnost sítí – Možnost přenosu tepla na větší vzdálenost	– Nutnost oběhového čerpadla – Větší zatížení potrubí – Velké hydrostatické tlaky – Mnohem obtížnější rozšiřování tepelné sítě

O volbě nositele tepla rozhoduje tedy řada vlivů a záleží velmi značně na místních podmínkách. O ekonomické výhodnosti určité teplonosné látky rozhoduje výpočet celkových nákladů. Obecně je však možno říci, že pro zásobování bytově komunálních hospodářství je výhodnější horká voda, neboť je možno uplatnit dobré regulační možnosti v závislosti na potřebě tepla, tj. v závislosti na venkovní teplotě ovzduší[3,4].

3.3.1. Teplota otopné vody

Vstupní teplota otopné vody v soustavě je nejvyšší teplota, která se v soustavě při provozu vyskytuje. Volí se v závislosti na požadované teplotě na vstupu do otopného tělesa, podle technických možností zdroje tepla a typu expanzní nádoby. Podle její hodnoty se rozlišují otopné soustavy [1]:

- Teplovodní nízkoteplotní $t_1 \leq 65$ °C
- Teplovodní otevřené 65 °C $< t_1 \leq 95$ °C
- Teplovodní uzavřené 65 °C $< t_1 \leq 115$ °C
- Horkovodní $t_1 \geq 115$ °C

– **Teplotní spád**

Teplotní spád jednotlivých otopných soustav dle výše uvedeného rozdělení. Pro teplovodní a nízkoteplotní soustavy se tepelný spád volí v rozmezí 10K až 25K, pro horkovodní soustavy se volí v rozmezí 40K až 5OK. Nejčastěji používané spády teplovodních soustav jsou 90/70 °C, 80/60 °C, 75/65 °C, 70/50 °C, 70/60 °C. Pro soustavy s přirozeným oběhem je používán spád 92,5/67,5 °C z důvodu dosažení co největšího vztlaku. Nízkoteplotní soustavy se navrhují nejčastěji se spády 55/45 °C, 45/35 °C, 35/25 °C.

3.4. Konstrukce expanzního zařízení

Otopné soustavy opatřené expanzním zařízením, kde zdrojem přetlaku je hydrostatický tlak (svislé potrubí s otevřenou nádobou) se nazývají otevřené soustavy. Soustavy, kde je zdrojem přetlaku expanzního zařízení čerpadlo s přepouštěcí armaturou, přepouštění z vyšší tlakové hladiny na nižší nebo přetlak plynového nebo parního polštáře působícího na vodní hladinu, se označují jako uzavřené. Z hlediska návrhu otopné soustavy má konstrukce expanzního zařízení vliv na nejvyšší pracovní teplotu otopné vody. U otevřených soustav je to 95 °C, u uzavřených soustav 115 °C [1].

3.5. Materiál rozvodu

V době navrhování otopné soustavy je nutné zohlednit materiál, ze kterého bude potrubní síť provedena. Zásadní odlišnost v navrhování soustavy z plastů nebo kovů (oceli, mědi) je dána odlišnými mechanickými vlastnostmi těchto materiálů. Potrubí z kovových materiálů je možné vést volně před stěnami bez dalších úprav, zatímco plastové rozvody je nutné chránit proti mechanickému poškození. Pokud se tyto vlastnosti zohlední již při návrhu, jsou obě řešení souměřitelná a s výhodou lze využít charakteristických vlastností použitých materiálů. Otopná soustava musí být chráněna proti korozi z venkovní i vnitřní strany. Požadavky a kritéria na kvalitu plnící, přídavné a otopné vody pro teplovodní otopné soustavy jsou uvedeny v ČSN 07 7401 [1].

Většina škod v otopných soustavách vyvolaných korozí je způsobena trvalou přítomností kyslíku v otopné vodě. K tomu abychom zamezili vnikání kyslíku do otopné vody je účelné:

- Ve všech místech otopné soustavy zajistit přetlak proti atmosféře
- U otevřené expanzní nádoby volit tvar, který zajistí minimální plochu hladiny
- Odvzdušňovací potrubí nenapojit přímo na expanzní nádobu, ale na přepadové potrubí ve výšce maximální vodní hladiny v nádobě v teplém stavu [1].

– **Potrubí z oceli**

Ocelové potrubí je tradičním materiálem používaným na potrubní sítě vytápění. Na potrubí se používá oceli třídy 11.353.0. Na rozvody do DN 50 (jmenovitá světlost) se používá trubek ocelových závitových běžných podle ČSN 425710/DIN 2440, pro větší průměry se používá hladkých bezešvých trubek podle ČSN 42 5715. Ocelové potrubí se spojuje zpravidla svařováním elektrickým obloukem nebo plamenem. Po celé délce musí být opatřeno ochranným nátěrem. Pro horizontální podlažní rozvody se používá i tenkostěnných ocelových trubek s plastovým opláštěním [1].

– **Potrubí z mědi**

Používání mědi pro její vlastnosti a s tím související mnohé výhody, má dlouholetou tradici. Měď byla, je a snad i bude jedním z hojně používaných instalačních materiálů. Má velkou odolnost proti korozi a odolává stárnutí. Měď můžeme rovněž označit za tzv. baktericidní materiál, což znamená, že projevuje ničivý účinek vzhledem k bakteriím, které se mnohdy objevují v potrubních rozvodech z jiných materiálů. Má velkou pevnost, což umožňuje používat potrubí s malou tloušťkou stěn, a tak dosahovat malé hmotnosti na 1m

délky. Použití mědi je vhodné u rozvodů studené vody, jakož i TUV a pro rozvody otopných soustav. Nejrozšířenější způsob spojování měděných trubek je kapilární pájení. Závitové spoje se používají pouze při napojování armatur či při připojování okruhů provedených v mědi s tradičními rozvody. Stejně jako u ocelového potrubí je možné provádět spoje rozebíratelné a nerozebíratelné [1].

– **Potrubí z plastů**

Náš trh se v současnosti plní nabídkou nejrůznějších materiálů od tuzemských I zahraničních výrobců. Pouze některé plasty je však možné a vhodné na části otopných soustav použít. Mezi plasty, používané pro rozvody teplovodních otopných soustav se v současnosti řadí [1]:

- Síťovaný polyetylén (PEX, VPE)
- Polybuten (polybutylen, polybuten-1, PB)
- Statický polypropylen (PP-R, PP-RC, PP-3)
- Chlorované PVC (C-PVC, PVC-C)
- Vrstvená potrubí s kovovou vložkou [1]

Rozdíl mezi tradičními materiály a plasty spočívají především ve větší délkové teplotní roztažnosti plastů a nižší pevnosti. Životnost plastových rozvodů je funkcí provozních podmínek a konkrétního potrubí. Základními parametry pro stanovení životnosti plastových potrubí jsou [1]:

- Maximální teplota otopné vody
- Maximální provozní přetlak v soustavě
- Vnější a vnitřní průměr posuzovaného potrubí
- Délka otopného období

Ve srovnání s kovovými materiály je montáž plastových rozvodů snazší, rychlejší a vyžaduje v mnoha případech méně kvalifikovaného montéra. Spojování se provádí buď svařováním nebo mechanickými spojkami.

4. SOLÁRNÍ SYSTÉMY

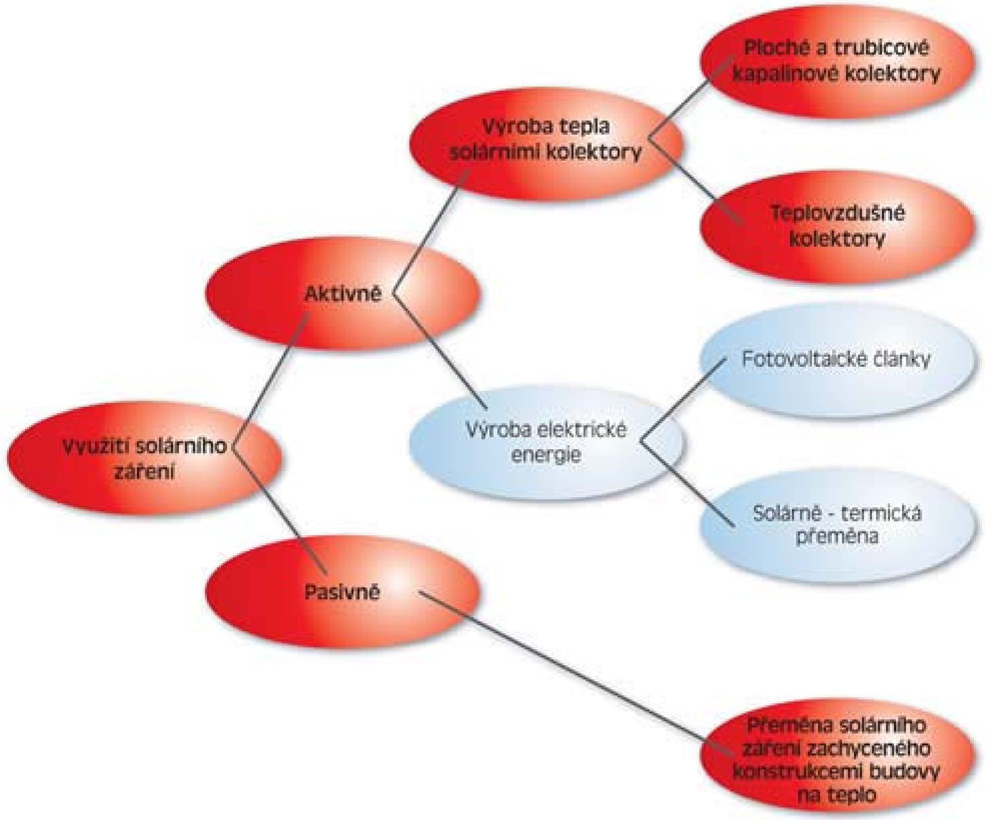
4.1. Sluneční (globální) záření

Za méně než čtyři hodiny slunce na zemi vyzáří roční spotřebu energie celé světové populace. Sluneční záření je energetický tok, který slunce vysílá stejnosměrně všemi směry. Na vnější zemskou atmosféru přitom dopadá výkon 1,36 kW/m^2 (tzv. solární konstanta). Při pronikání atmosférou dochází u slunečního záření k jeho zeslabení v důsledku odrazů, rozptylu a absorpce částic prachu a molekul plynů. Sluneční záření tak tvoří dvě složky:

- Přímé záření – část záření, která atmosférou proniká bez zábran
- Difúzní záření – část slunečního záření, kterou částice prachu nebo molekuly plynů absorbují a která dopadá na zemský povrch neuspořádaně.

4.2. Možnosti využití slunečního záření

V našich podmínkách se přeměna slunečního záření na teplo může provádět dvěma způsoby a to pasivně (pomocí pasivních solárních prvků budov - prosklené fasády, velká okna, zimní zahrady) nebo aktivně (pomocí přídavných technických zařízení - sluneční sběrače, kolektory). Podrobné rozdělení možností ukazuje následující obrázek:



Obr. 5 Schéma možnosti využití solárních systémů [6].

– **Pasivní systémy**

Výhodou pasivních systémů je to, že k provozu nepotřebují žádné další technické zařízení. Využívají slunečního záření, které dopadne do interiéru okny nebo jinou prosklenou plochou. Systém je třeba navrhnout tak, aby byly zisky co nejlépe využity (např. cirkulací vzduchu z osluněných místností do ostatních částí domu). U pasivních systémů je důležitá kompaktnost, které se dá dosáhnout dobrým stavebním řešením objektu. Velmi důležité je také vyřešení rizika tepelné zátěže během léta (řádné odvětrání, akumulace do stavebních konstrukcí atd.). V případě orientace prosklených ploch na jih nebo západ se zvyšuje riziko přehřívání interiéru v letních měsících. Další zásadní problematikou je i typ a regulace vytápěcího systému.

– **Aktivní systémy**

Pod pojmem aktivní systémy si lze představit přeměnu slunečního záření na tepelnou nebo elektrickou energii pomocí aktivních prvků (např. sluneční kolektory). V případě tepelné energie je tento proces vykonáván termickými slunečními kolektory různých druhů a konstrukčních provedení: ploché kolektory kapalinové nebo vzduchové, vakuové kolektory ploché nebo trubicové. Tyto kolektory pracují na principu ohřátí teplonosné látky, která je následně využívána pro ohřev teplé vody (TV), vody v bazénu nebo

pro podporu vytápění. Získané teplo lze také akumulovat do akumulačních nádrží různých velikostí, podle velikosti solárního systému. Ovšem čím je doba akumulace delší, tím je celý systém dražší a méně ekonomický. Proto se spíše využívá akumulace kratší (několikadenní). Životnost solárních kolektorů je asi 15 - 20 let a asi po 15-ti letech se snižuje jejich účinnost. Jsou nenáročné na údržbu a mohou ušetřit 20 - 30 % energie na vytápění. Aktivní systémy je téměř vždy možné dodatečně instalovat na stávající budovu.

– **Aktivní systémy můžeme rozdělit na:**

- **Vzduchové** – Jako teplonosná látka se využívá vzduch, ten má několik nevýhod. Vzduch má malou měrnou tepelnou kapacitu (přibližně čtvrtinovou oproti vodě) a malou objemovou kapacitu. Pro přenos tepla vzduchem jsou potřeba velké objemové průtoky a z toho vyplývají velké průměry potrubí rozvodů v okruhu kolektorů.
- **Kapalinové** – Oproti vzduchovým systémům využívají jako teplonosnou látku kapaliny. Díky lepší měrné objemové kapacitě a potřebě menších objemových průtoků lze kapaliny dopravovat malými průměry potrubí rozvodů v okruhu kolektorů.

– **Základní prvky solárních systémů**

Získávání tepelné energie ze slunečního záření v dnešní době není žádný problém. Hlavním problémem všech tepelných solárních systémů je, jak se vypořádat s tepelnými ztrátami, akumulací vzniklého tepla a jeho uložení pro pozdější využití. Je důležité správně navrhnout celou soustavu tak, aby bylo dosaženo co nejlepšího výkonu solárního systému. V návaznosti na dosažení nejlepšího výkonu se projevuje také cena celého systému. Solární systém se obvykle skládá z několika základních prvků navazujících na sebe. Zde je výčet některých z nich.

- Kolektory
- Tepelné výměníky
- Akumulační vody
- Expanzní nádrž
- Oběhové čerpadlo
- Potrubní rozvody
- Zabezpečovací zařízení

4.3. Druhy slunečních kolektorů

Hlavní částí aktivních solárních systémů používaných pro získávání tepelné energie jsou kolektory. Kolektor se dá charakterizovat jako plocha zachytávající sluneční záření a měnící ho na tepelnou energii. Základní součástí kolektorů je absorbér, který zajišťuje vlastní přeměnu na tepelnou energii. Absorbér je většinou vyroben z vodivého materiálu (měď nebo hliník) a je opatřen absorpčním (selektivním) nátěrem. Ten má mít vysokou schopnost absorbovat sluneční záření, ale jeho sálání tepla do okolí je minimální. Tento absorbér může být s výhodou uložen ve vakuu, pro snížení tepelných ztrát konvencí. Získané teplo se přenese na ohřívanou teplonosnou látku, proudící v sytému trubiček v absorbéru. Dále je teplonosná látka dodávána do zásobníku.

– **Ploché kapalinové kolektory**

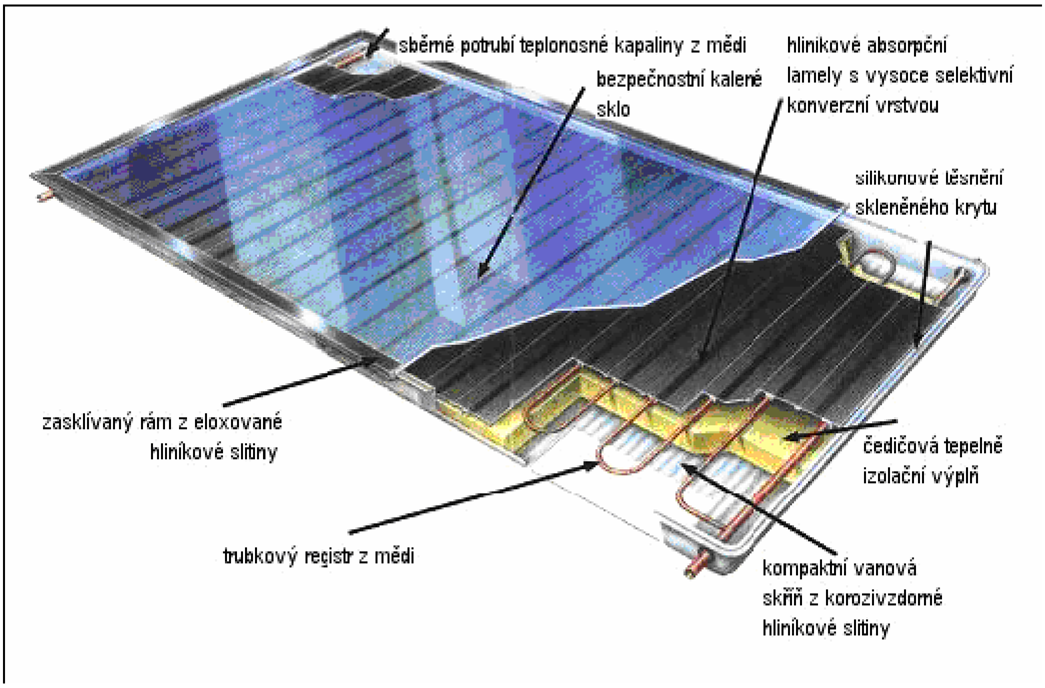
Jako pracovní teplonosnou látku tyto kolektory využívají kapaliny. Ploché kolektory se vyznačují velkou plochou zasklení a velkým absorbérem (Obr. 6). Jejich výkon je při plném slunečním záření velký. Dokážou využít většinu sluneční energie, dopadající na jimi zastavenou plochu. Tato plocha je kryta solárním bezpečnostním sklem, které má vysokou odolnost proti rozbití a vysokou propustnost slunečního záření. Pro nejmenší tepelnou ztrátu a zvýšení účinnosti je také důležitá tepelná izolace. Tloušťka minerální izolace se pohybuje od 3 cm do 6 cm podle modelu. Tyto kolektory se používají většinou pro nízkoteplotní systémy. Jsou rozšířené především díky svým dobrým parametrům, nízké ceně a snadnosti použití. Účinnost se pohybuje kolem 70 %.

– **Ploché vzduchové kolektory**

Vzduchové kolektory používají jako teplonosnou látku vzduch. Nejsou tak rozšířené jako kolektory kapalinové. Vzhledem k tématu nebudu tyto kolektory více popisovat.

– **Ploché vakuové kolektory**

Tento typ kolektorů je jedním z nejmodernějších výrobků v oblasti solární techniky. Jejich absorpční plocha je stejně velká jako plocha čelní. Základem plochých vakuových kolektorů je vana v podobě celistvého výlisku. Uvnitř kolektoru je měděný trubkový meandr, ve kterém v průběhu provozu kolektoru proudí nemrznoucí směs, která je průtokem ohřívána. Přeměnu slunečního záření na teplo zajišťuje absorbér, což jsou tepelně vodivé desky nalisované na trubkovém meandru. Tyto kolektory dosahují účinnosti okolo 80%. Odsáním vzduchu mezi absorbérem a trubicí je vytvořeno vakuum, které nám zajišťuje snížení tepelných ztrát.



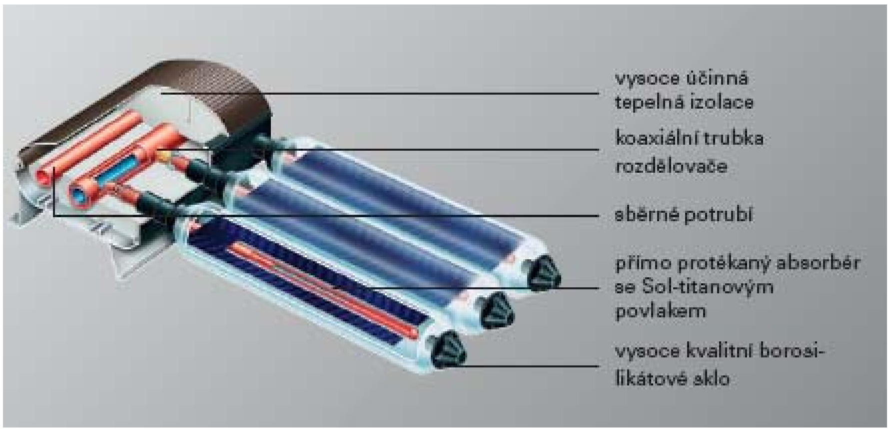
Obr. 6 Plochý kapalinový kolektor

– **Trubicové vakuové kolektory**

Vakuový kolektor má smysl používat, pokud chceme při provozních podmínkách dosáhnout vyššího zisku energie. Tyto kolektory lze rozdělit na kolektory s přímým prouděním teplonosné kapaliny a kolektory pracující podle principu tepelné trubice.

– **Kolektory s přímým prouděním**

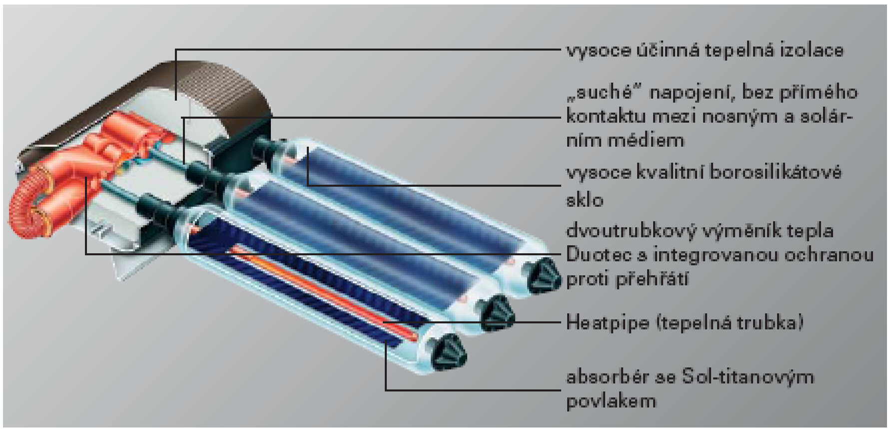
U kolektorů s přímým prouděním proudí teplonosná látka z rozdělovače ke konci trubice (Obr. 7). Teplonosná látka protéká absorbérem, kde odebírá vzniklé teplo a vrací se zpět do rozdělovače. Pro zajištění funkce systému není podmínkou minimální sklon kolektorů.



Obr.7 Trubicový vakuový kolektor s přímým prouděním [7]

– **Kolektory pracující na principu tepelné trubice**

Kolektory pracující na principu tepelné trubice se vyznačují protékající kapalinou touto trubicí (Obr. 8). Kapalina je většinou alkohol, který se odpařuje při nízké teplotě. Pára vzniklá odpařováním stoupá k malému výměníku tepla umístěnému na horním konci trubice. Na tomto výměníku vzniklá pára kondenzuje a odevzdává teplo teplonosné kapalině. Vytékající kapalina se opět ohřívá, vypařuje a koloběh se opakuje od začátku. Aby tento systém fungoval, je nutno zajistit sklonění kolektorů pod minimálním sklonem 30 ° z důvodu nutnosti stoupání odpařované kapaliny.



Obr.8 Trubicový vakuový kolektor pracující na principu tepelné trubice [7]

5. POROVNÁNÍ SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ

Výpočty jsou prováděny na příkladu rodinného domu s plochou pro osazení slunečních kolektorů orientovanou na jih, při celkové tepelné ztrátě objektu Qc= 12,5 kW. Je uvažováno, že v domě žijí 4 osoby a denní spotřeba TV na osobu je 50l. Zvolený teplotní spád pro přípravu TV je 55/10 °C. Technické zázemí s kotelnou a některými prvky solární soustavy se nachází v suterénu domu. Výpočty jsou stanoveny pro různé úhly sklonu kolektorů α=0°, α=15°, α=30°, α=45°, α=60°, α=75°, α=90°

Využití sluneční energie pro přípravu TV a vytápění v našich klimatických podmínkách se může velmi zajímavě promítnout do snížení energetické náročnosti budov. Proto si lze všimnout faktu, že společnost se stále více zajímá o použití solárních soustav. V této části je zpracováno technicko-ekonomické porovnání způsobů řešení solárního systému pro ohřev TV a pro vytápění s dvěma různými variantami slunečních kolektorů. Typy použitých kapalinových kolektorů byly vybrány ze současné nabídky prodejců. V prvním případě se jedná o soustavu využívající ploché sluneční kolektory se selektivní vrstvou, kdežto v druhém případě se u soustavy využívají vakuové trubicové sluneční kolektory, které mají v porovnání s plochými kolektory vyšší účinnost.

5.1. Výpočet celkové energie pro přípravu TV a vytápění

V prvním kroku si nejprve spočítáme celkovou energii potřebnou pro přípravu TV a vytápění za 1 měsíc a následně za 1 rok. Pro první výpočty je nutno zjistit několik základních vstupních parametrů, podle kterých se bude ve výpočtech dále postupovat.

$$V_{celk} = 4 \cdot 50 = 200l = 0,2\left[m^3/den\right]$$

V_{celk} – Celkový objem TV spotřebovaný za den pro 4 osoby

– **Výpočet energie potřebné pro přípravu TV na 1 den**

$$Q_{TV} = \frac{V_{celk} \cdot \rho \cdot c \cdot t_{12}}{3600}$$

$$Q_{TV} = \frac{0,2 \cdot 1000 \cdot 4186 \cdot 45}{3600}$$

$$Q_{TV} = \underline{10,47}\left[kWh\right]$$

Q_{TV} – celková energie potřebná pro přípravu TV [kWh]

c – měrná tepelná kapacita; c= 4186 [J/kg . K]

ρ – hustota vody; ρ = 1000 [Kg/m^3]

t_{12} – teplotní spád→ t_{12}= t_2 - t_1 [K]

t_1 – vstupní teplota; t_1 = 55 [K]

t_2 – výstupní teplota; t_2 = 55 [K]

Pokud uvážíme ztrátu tepla v potrubních rozvodech 20%, je skutečná energie potřebná pro přípravu TV na 1 den:

$Q_{TV/den} = Q_{TV} + Q_{TV} .0,2$

$Q_{TV/den} = 10,47 + 10,47 .0,2$

$Q_{TV/den} = \underline{12,57}$ [kWh]

V tabulce 2 nalezme přepočet celkové potřebné energie na přípravu TV pro jednotlivé měsíce v roce. Přepočet je stanoven pro počty kalendářních dní v každém měsíci.

Tab.2 Celková energie spotřebovaná pro přípravu TV za 1 měsíc $Q_{TV/měs}$ [kWh]

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
389,9	364,8	389,9	377,4	389,9	377,4	389,9	389,9	377,4	389,9	377,4	389,9

– **Výpočet energie potřebné pro vytápění na 1 den**

U výpočtu potřebné energie pro vytápění budeme uvažovat jen tzv. otopné období. To znamená, že výpočet je proveden jen pro měsíce, které spadají do topného období. V tabulce 3 nalezneme tyto měsíce spolu s jednotlivými středními měsíčními teplotami.

Tab.3 Střední měsíční teploty naměřené pro Brno [°C] [9].

měsíc	I	II	III	IX	X	XI	XII
t_e	1,7	3,1	4,6	14,4	9,9	6,5	3,1

$$Q_{VYT/den} = \frac{24 \cdot Q_c \cdot (t_i - t_e)}{[t_i - (-12)]} [kWh]$$

$Q_{VYT/den}$ – celková energie potřebná pro přitápění na 1 den [kWh]

Q_c – celková tepelná ztráta objektu [kW]

t_i - průměrná vnitřní teplota domu; t_i= 20 [°C]

t_e - Střední měsíční teplota naměřená pro Brno [°C]

Tab. 4 Celková energie potřebná pro vytápění za 1 den a za 1 měsíc [kWh]

Měsíc	I	II	III	IX	X	XI	XII
t_e	1,70	3,10	4,60	14,40	9,90	6,50	3,10
t_i-t_e	18,30	16,90	15,40	5,60	10,10	13,50	16,90
$Q_{VYT/den}$	171,56	158,44	144,38	52,50	94,69	126,56	167,81
$Q_{VYT/měs}$	5318,44	4594,69	4475,63	1575,00	2935,31	3796,88	5202,19

– **Celková energie potřebná pro ohřev TV a vytápění za 1 měsíc**

$Q_{celk/měs} = Q_{TV/měs} + Q_{VYT/měs}$ [kWh]

Tab. 5 Celková energie potřebná pro ohřev TV a vytápění v jednotlivých měsících $Q_{celk/měs}$ [kWh]

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
5708,4	4959,5	4865,6	377,4	389,9	377,4	389,9	389,9	1952,4	3325,3	4174,3	5592,2

Celková energie potřebná pro ohřev TV a vytápění za 1 rok je součtem všech celkových měsíčních energií potřebných pro ohřev TV a přitápění.

$$Q_{celk/rok} = \sum_{i=1}^{12} Q_{celk/měs}$$

$Q_{celk/rok}$= <u>32,5</u> [MWh]

5.2. Analýza slunečního záření

V dalším kroku výpočtu se budeme zabývat analýzou slunečního záření a určení celkové energie, kterou jsou nám kolektory schopny dodat v jednotlivých měsících v roce. Abychom mohli maximálně využít sluneční energii, je nutné porozumět faktorům, které ji ovlivňují. Některé z těchto faktorů si můžeme zmínit a mohou to být například, nadmořská výška, znečištění atmosféry, vliv větru, skutečná doba slunečního svitu, střední teplota v době slunečního svitu. V tomto příspěvku budou data zpracovávána pro oblast okolí Brna. Veškeré tabulkové údaje potřebné pro výpočty jsou převzaty z použitého zdroje [10].

Tab. 6 Střední teplota v době slunečního svitu t_a [°C]

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1,7	2,8	7,0	12,0	17,2	20,2	22,1	21,8	18,5	13,1	7,7	3,5

Tab. 7 Teoretická doba slunečního svitu τ_{teor} [h]

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
8,26	10,12	12,00	13,90	15,70	16,34	15,70	13,90	12,00	10,12	8,26	7,85

Tab. 8 Teoreticky možná energie dopadající na plochu $H_{den\ teor}$ [kWh / m^2 . den^1]

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0°	1,55	2,74	4,93	6,73	8,38	9,16	8,38	6,73	4,93	2,74	1,55	1,09
15°	2,30	3,75	5,82	7,50	9,12	9,76	9,12	7,50	5,82	3,75	2,30	1,78
30°	2,96	4,48	6,44	7,98	9,56	9,98	9,56	7,98	6,44	4,48	2,96	2,35
45°	3,40	4,96	6,70	8,06	9,42	9,64	9,42	8,06	6,70	4,96	3,40	2,70
60°	3,71	5,26	6,54	7,41	8,09	8,48	8,09	7,41	6,54	5,26	3,71	3,00
75°	3,90	5,32	6,24	6,44	6,44	6,44	6,44	6,44	6,24	5,32	3,90	3,08
90°	3,96	5,00	5,56	5,19	4,49	4,31	4,49	5,19	5,56	5,00	3,96	3,11

– **Střední intenzita slunečního záření**

Z těchto hodnot vycházíme pro výpočet střední intenzity slunečního záření, která je dána vztahem:

$G_{stř} = H_{den\ teor} / \tau_{teor}$

$H_{den\ teor}$ – teoreticky možná energie dopadající na plochu [kWh / m^2 . den^1]

τ_{teor} - Teoretická doba slunečního svitu [h]

Tab. 9 Střední intenzita slunečního záření Gstř [W / m^2]

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0°	187,7	270,8	410,8	484,2	533,8	560,6	533,8	484,2	410,8	270,8	187,7	138,9
15°	278,5	370,6	485,0	539,6	580,9	597,3	580,9	539,6	485,0	370,6	248,5	226,8
30°	358,4	442,7	536,7	574,1	608,9	610,8	608,9	574,1	536,7	442,7	358,4	299,4
45°	411,6	490,1	558,3	579,9	600,0	589,9	600,0	579,9	558,3	490,1	411,62	343,9
60°	449,2	519,8	545,0	533,1	515,3	518,9	515,3	533,1	545,0	519,8	449,2	383,2
75°	472,2	525,7	520,0	463,3	410,2	394,1	410,2	463,3	520,0	525,7	472,2	392,4
90°	479,4	494,1	463,3	373,4	286,0	263,8	286,0	373,4	463,3	494,1	479,4	396,2

– **Průměrná účinnost slunečního kolektoru**

Následující tabulky uvádí průměrnou účinnost plochého slunečního kolektoru se selektivním povrchem a vakuového slunečního kolektoru. Součinitel absorpce absorbéru α a součinitel transmisivyty τ jsou uvažovány pro oba typy slunečních kolektorů stejné.

$$\eta_k = \frac{\alpha \cdot \tau - U \cdot (t_m - t_a)}{G_{stř}}$$

α – součinitel absorpce absorbéru; α = 0,95 [-]

τ – součinitel transmisivyty krytu; τ = 0,90 [-]

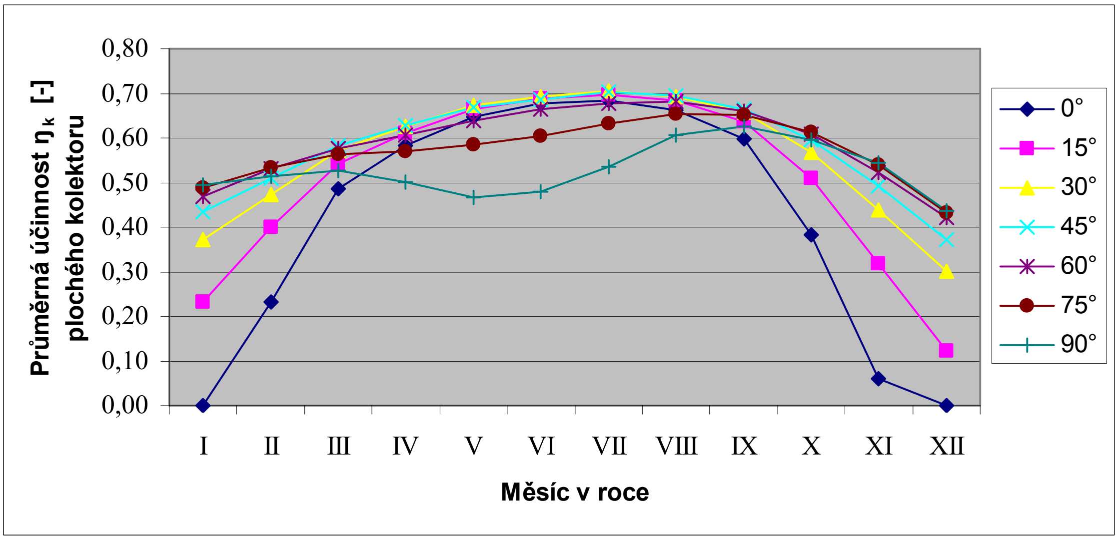
U – součinitel měrné tepelné ztráty pro ploché kolektory; U = 4 [W / m^2 . K^1]

U – součinitel měrné tepelné ztráty pro vakuové kolektory; U = 2 [W / m^2 . K^1]

t_m – střední teplota absorbéru; t_m = 45 [°C]

Tab. 10 Průměrná účinnost plochého slunečního kolektoru ηk

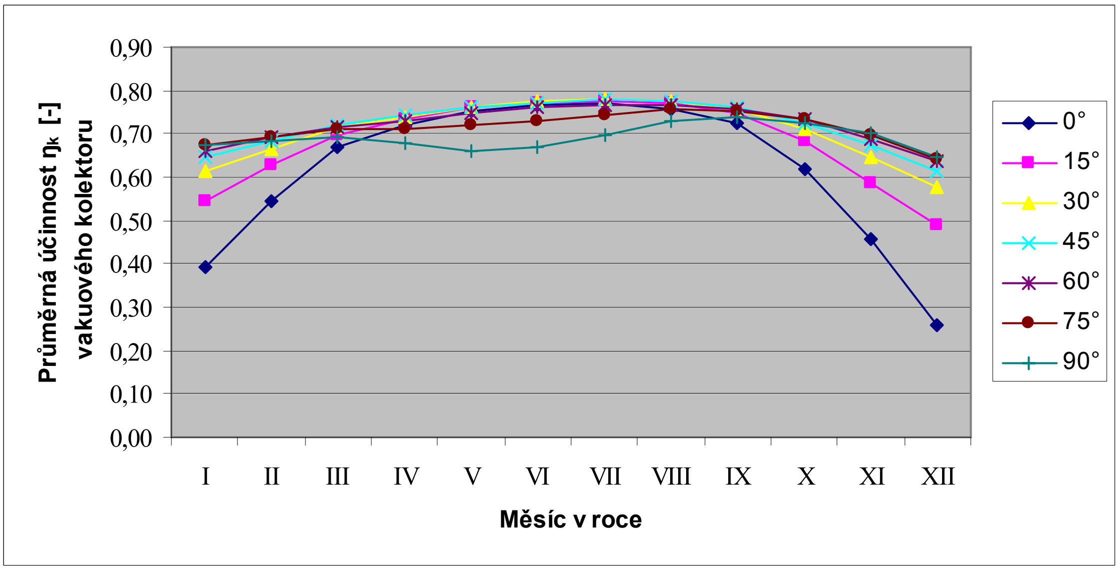
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0°	0	0,23	0,49	0,58	0,65	0,68	0,68	0,66	0,60	0,38	0,06	0
15°	0,23	0,40	0,54	0,61	0,66	0,69	0,70	0,68	0,64	0,51	0,32	0,12
30°	0,37	0,47	0,57	0,63	0,67	0,69	0,70	0,69	0,66	0,57	0,44	0,30
45°	0,43	0,51	0,58	0,63	0,67	0,69	0,70	0,69	0,67	0,59	0,49	0,37
60°	0,47	0,53	0,58	0,61	0,64	0,66	0,68	0,68	0,66	0,61	0,52	0,42
75°	0,49	0,53	0,5Ž	0,57	0,58	0,60	0,63	0,65	0,65	0,61	0,54	0,43
90°	0,49	0,51	0,53	0,50	0,47	0,48	0,53	0,61	0,63	0,60	0,54	0,44



Obr. 9 Průměrná účinnost plochého slunečního kolektoru ηk

Tab. 11 Průměrná účinnost vakuového slunečního kolektoru ηk [-]

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0°	0,39	0,54	0,67	0,72	0,75	0,77	0,77	0,76	0,73	0,62	0,46	0,26
15°	0,54	0,63	0,70	0,73	0,76	0,77	0,78	0,77	0,75	0,68	0,59	0,49
30°	0,61	0,66	0,71	0,74	0,76	0,77	0,78	0,77	0,76	0,71	0,65	0,58
45°	0,64	0,68	0,72	0,74	0,76	0,77	0,78	0,77	0,76	0,72	0,67	0,61
60°	0,66	0,69	0,72	0,73	0,75	0,76	0,77	0,77	0,76	0,73	0,69	0,64
75°	0,67	0,69	0,71	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,75	0,73	0,70	0,64
90°	0,67	0,68	0,69	0,68	0,66	0,67	0,69	0,73	0,74	0,73	0,70	0,65



Obr. 10 Průměrná účinnost vakuového slunečního kolektoru ηk [-]

– **Energie zachycená absorpční plochou**

Energie zachycená absorpční plochou 1 m² za průměrný den je dán vztahem:

$$Q_{A,den} = H_{den,teor} \cdot \eta_k \quad [kWh / m^2 \cdot den^1]$$

$H_{den,teor}$ – teoreticky možná energie dopadající na plochu [kWh / m^2 . den^1]

η_k – průměrná účinnost slunečního kolektoru [-]

Tab. 14 Energie zachycená absorpční plochou $Q_{A,den}$ [kWh / m^2 . den^1] plochého slunečního kolektoru

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0°	0	0,63	2,39	3,92	5,42	6,21	5,73	4,46	2,94	1,05	0,09	0
15°	0,54	1,50	3,15	4,58	6,05	6,72	6,36	5,12	3,70	1,91	0,73	0,22
30°	1,10	2,12	3,68	4,99	6,43	6,91	6,74	5,53	4,23	2,54	1,30	0,71
45°	1,48	2,53	3,90	5,06	6,31	6,62	6,62	5,60	4,46	2,95	1,67	1,01
60°	1,74	2,79	3,77	4,50	5,17	5,63	5,48	5,05	4,32	3,21	1,94	1,26
75°	1,90	2,84	3,51	3,67	3,76	3,89	4,07	4,22	4,06	3,26	2,10	1,33
90°	1,96	2,57	2,93	2,60	2,09	2,06	2,40	3,15	3,48	2,98	2,15	1,36

Tab. 15 Energie zachycená absorpční plochou $Q_{A,den}$ [kWh / m^2 . den^1] vakuového slunečního kolektoru pro Brno

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0°	0,61	1,49	3,30	4,84	6,29	7,02	6,45	5,11	3,58	1,70	0,71	0,28
15°	1,25	2,35	4,06	5,50	6,92	7,53	7,08	5,77	4,34	2,56	1,35	0,87
30°	1,82	2,98	4,59	5,91	7,30	7,72	7,45	6,18	4,87	3,18	1,91	1,36
45°	2,19	3,39	4,82	5,97	7,18	7,43	7,34	6,25	5,09	3,60	2,29	1,66
60°	2,46	3,64	4,68	5,42	6,04	6,44	6,20	5,69	4,96	3,85	2,56	1,91
75°	2,62	3,69	4,42	4,59	4,63	4,70	4,79	4,86	4,70	3,90	2,72	1,98
90°	2,67	3,42	3,84	3,52	2,97	2,87	3,12	3,79	4,12	3,63	2,77	2,01

– **Upravená energie zachycená absorpční plochou**

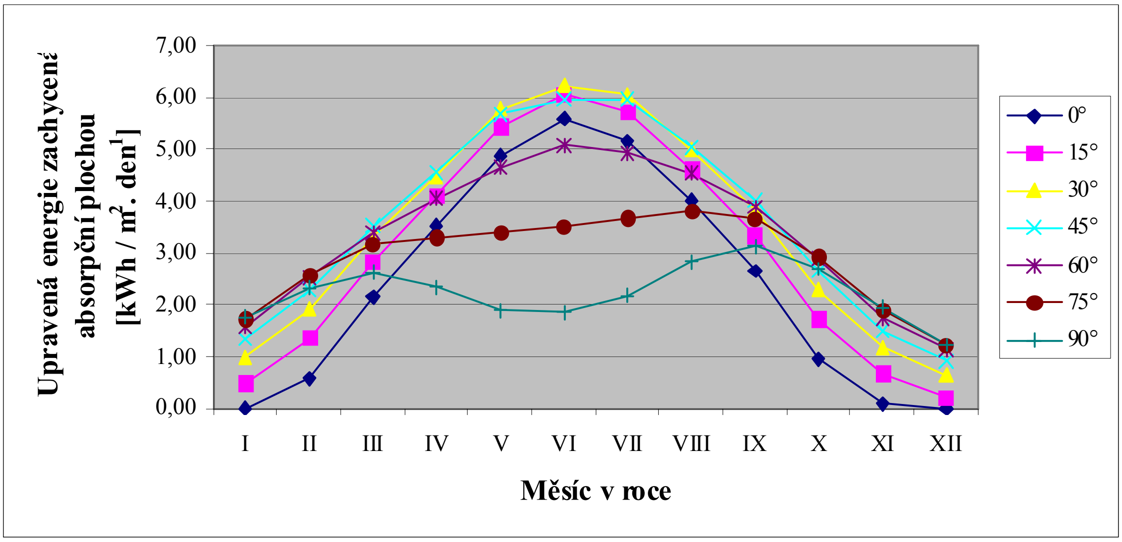
V předcházející části byla vypočítána energie zachycená absorpční plochou 1 m^2 za průměrný den. Jak bylo již řečeno, každá lokalita je ovlivněna faktory ovlivňující množství dopadající sluneční energie. Pokud uvážíme tyto faktory lze zpřesnit celkové výpočty, které odpovídají téměř skutečnosti. V následující tabulce jsou uvedeny v procentech přírůstky nebo úbytky, které jim byly přiřazeny dle skutečných podmínek.

Tab. 16 Tabulka přírůstků nebo úbytků v % pro výpočet upravené energie zachycené absorpční plochou

Lokalita	Nadmořská výška	Znečištěná atmosféra	Vliv větru	Celkem %
Brno	-	-10	-	-10

Tab. 17 Upravená energie zachycená absorpční plochou $Q_{UA,den}$ [kWh / m^2 . den^1] plochého slunečního kolektoru se selektivním povrchem

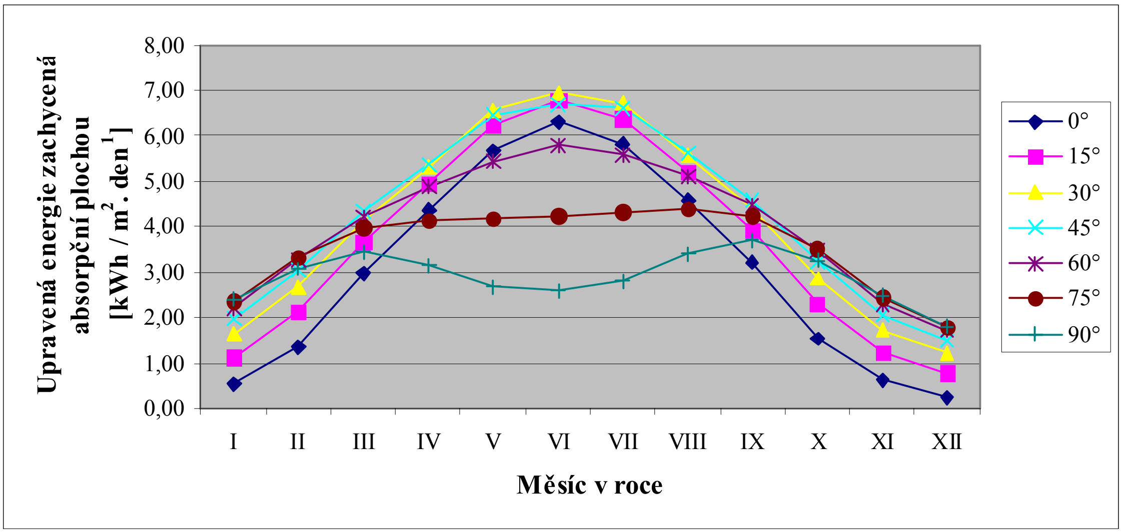
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0°	0,61	1,49	3,30	4,84	6,29	7,02	6,45	5,11	3,58	1,70	0,71	0,28
15°	1,25	2,35	4,06	5,50	6,92	7,53	7,08	5,77	4,34	2,56	1,35	0,87
30°	1,82	2,98	4,59	5,91	7,30	7,72	7,45	6,18	4,87	3,18	1,91	1,36
45°	2,19	3,39	4,82	5,97	7,18	7,43	7,34	6,25	5,09	3,60	2,29	1,66
60°	2,46	3,64	4,68	5,42	6,04	6,44	6,20	5,69	4,96	3,85	2,56	1,91
75°	2,62	3,69	4,42	4,59	4,63	4,70	4,79	4,86	4,70	3,90	2,72	1,98
90°	2,67	3,42	3,84	3,52	2,97	2,87	3,12	3,79	4,12	3,63	2,77	2,01



Obr. 11 Upravená energie zachycená absorpční plochou $Q_{UA,den}$ plochého slunečního kolektoru

Tab. 18 Upravená energie zachycená absorpční plochou $Q_{UA,den}$ [kWh / m^2 . den^1] vakuového slunečního kolektoru

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0°	0,55	1,34	2,97	4,35	5,66	6,32	5,80	4,60	3,22	1,53	0,64	0,25
15°	1,13	2,12	3,66	4,95	6,23	6,78	6,37	5,19	3,91	2,30	1,22	0,78
30°	1,63	2,68	4,13	5,31	6,57	6,95	6,71	5,56	4,38	2,87	1,72	1,22
45°	1,97	3,05	4,33	5,38	6,46	6,69	6,60	5,62	4,58	3,24	2,06	1,49
60°	2,21	3,28	4,21	4,88	5,44	5,80	5,58	5,12	4,46	3,47	2,30	1,72
75°	2,36	3,33	3,98	4,13	4,17	4,23	4,31	4,38	4,23	3,51	2,45	1,78
90°	2,40	3,08	3,46	3,17	2,67	2,59	2,81	3,41	3,71	3,27	2,49	1,81



Obr. 12 Upravená energie zachycená absorpční plochou $Q_{UA,den}$ vakuového slunečního kolektoru

5.3. Výpočet ekonomické návratnosti

Dodavatelé v dnešní době běžně nabízejí projektování a instalaci solárních kolektorů pro rodinné domky včetně cenových studií. Podle různě velkých instalovaných solárních ploch se mohou lišit ceny použitých komponentů. Největší položkou v rozpočtech solárních systémů bývají sluneční kolektory. Do výpočtu jsou ale zahrnuty i ceny jednotlivých komponentů, dále provozní náklady a náklady na údržbu solárního systému. V našem případě výpočtu bude zahrnut pouze provoz čerpadel pro zajištění oběhu teplonosné látky. Předpokládá se, že roční spotřeba čerpadla je Sč = 500 kWh. Náklady na údržbu jsou zanedbány.

Výběr plochých slunečních kolektorů se selektivním povrchem, vakuových slunečních kolektorů a dalších komponentů soustavy byl proveden z ceníkové nabídky firmy Regulus [11].

V těchto následujících tabulkách jsou uvedeny náklady na jednotlivé komponenty používající se jen pro instalaci samotných kolektorů. Další tabulky nám uvádí náklady týkající se ostatních komponentů solární soustavy jako například akumulační nádrž, izolační materiál, tepelný výměník, expanzní nádrž a jiné. Tyto náklady jsou pro oba typy použitých kolektorů společné.

Tab.19 Náklady vztažené na různé velikosti absorpční plochy pro ploché sluneční kolektory

	Cena/4m^2	Cena/6m^2	Cena / 8m^2
Ploché kolektory	17 780	26 670	35 560
Držáky na kolektory	2 250	3 800	4 400
Nemrznoucí směs 78 Kč/l	312	468	624
Ostatní náklady	2000	2300	2600
montáž	4 500	4 500	4 500
Cena celkem [Kč]	**26 842**	**37 738**	**47 684**

Tab.20 Náklady vztažené na různé velikosti absorpční plochy pro vakuové sluneční kolektory

	Cena/4,3m^2	Cena/6,45m^2	Cena / 8,6m^2
Vakuové kolektory	49 800	74 700	99 600
Držáky na kolektory	3 590	5 590	5 880
Nemrznoucí směs 78 Kč/l	214	320	427
Ostatní náklady	2000	2300	2600
montáž	4 500	4 500	4 500
Cena celkem [Kč]	**60 104**	**87 410**	**113 007**

Tab. 21 Náklady na ostatní komponenty solární soustavy

	Ks	Cena / Ks	Cena celkem
Akumulační nádrž 500 l	1	46 500	46 500
Izolace nádrže	1	5 500	5 500
Čerpadlová skupina	1	12 990	12 990
Potrubí Cu 1 m	30	222	6660
Efaultizolace potrubí 1 m	30	124	3 720
Expanzní nádoba	1	2 330	2 330
Doprava, ostatní	1	8060	8060
Celkem [Kč]			**85 760**

Tab. 22 Celková cena soustavy s plochými kolektory pro instalované plochy

Typ soustavy	Celková cena systému [Kč]
S plochým slunečním kolektorem 4 m^2	**112 602**
S plochým slunečním kolektorem 6 m^2	**123 498**
S plochým slunečním kolektorem 8 m^2	**133 444**

Tab. 23 Celková cena soustavy s vakuovými kolektory pro instalované plochy

Typ soustavy	Celková cena systému [Kč]
S vakuovým slunečním kolektorem 4,3 m^2	**145 864**
S vakuovým slunečním kolektorem 6,4 m^2	**173 170**
S vakuovým slunečním kolektorem 8,6 m^2	**198 767**

Z výše uvedených hodnot jsme stanovili celkovou cenu soustav při použití plochého a vakuového kolektoru pro různě velké plochy kolektorů. Pro další postup výpočtu použijeme předchozí hodnoty celkové upravené energie $Q_{UA,den}$ zachycené absorpční plochou slunečních kolektorů za den a přepočteme je na hodnoty upravené zachycené energie za jednotlivé měsíce $Q_{UA,měs.}$ Tyto hodnoty jsou vztaženy pro sklon kolektorů 60°.

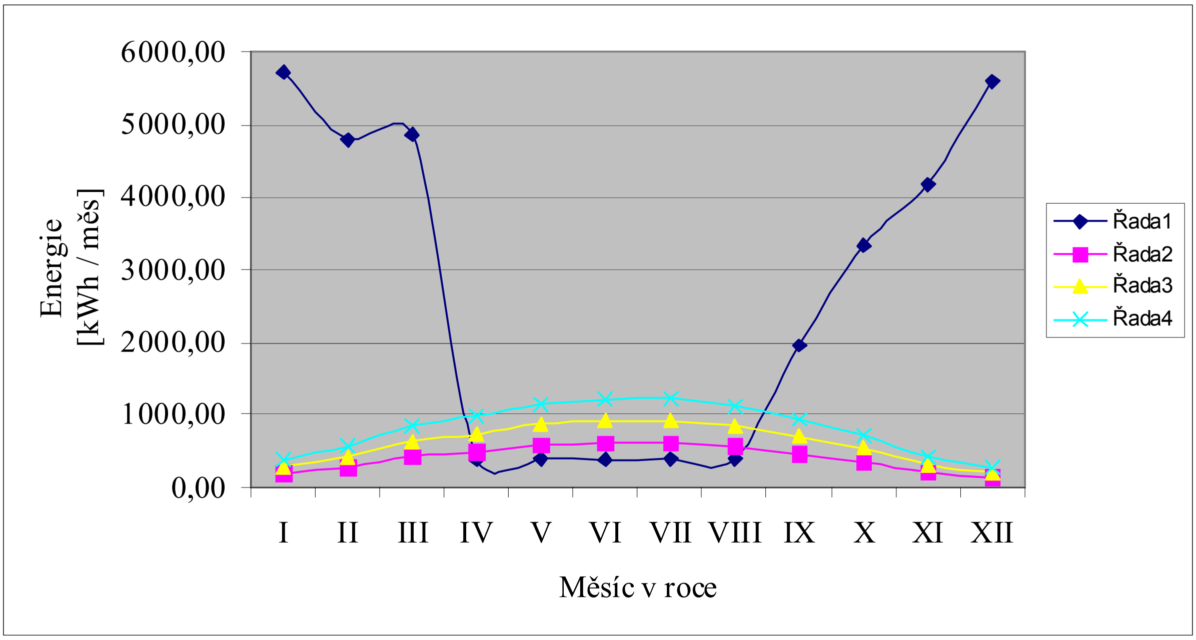
Tab. 24 Upravená energie zachycená absorpční plochou $Q_{UA,měs}$ [kWh / m^2 . $měs^1$] plochého slunečního kolektoru pro instalované plochy a sklon 60°

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
4m^2	194,3	281,1	420,5	486,1	577,1	608,0	611,4	563,1	466,5	357,8	209,5	140,8
6m^2	291,5	421,7	630,7	729,1	865,6	912,0	917,2	844,6	699,8	536,7	314,2	211,2
8m^2	388,7	562,3	841,0	972,2	1154,2	1216,0	1222,9	1126,2	933,1	715,6	419,0	281,7

Tab. 25 Upravená energie zachycená absorpční plochou $Q_{UA,měs}$ [kWh / m^2 . $měs^1$] vakuového slunečního kolektoru pro instalované plochy a sklon 60°

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
4,3m^2	294,7	394,8	561,4	629,0	725,1	747,7	743,6	682,7	575,4	462,1	296,7	229,6
6,4m^2	438,5	587,6	835,3	936,3	1079,2	1112,8	1106,7	1016,1	856,3	687,7	441,7	341,1
8,6m^2	589,5	789,5	1122,8	1258,1	1450,2	1495,4	1487,1	1365,4	1150,7	924,2	593,5	459,1

V následujících grafech je zobrazeno porovnání zisku energie jednotlivých kolektorů pro instalované plochy a celkové energie potřebné pro přípravu TV a vytápění. Oblasti pod křivkami (Řada 2-4) znázorňují využitou získanou energii z kolektorů.



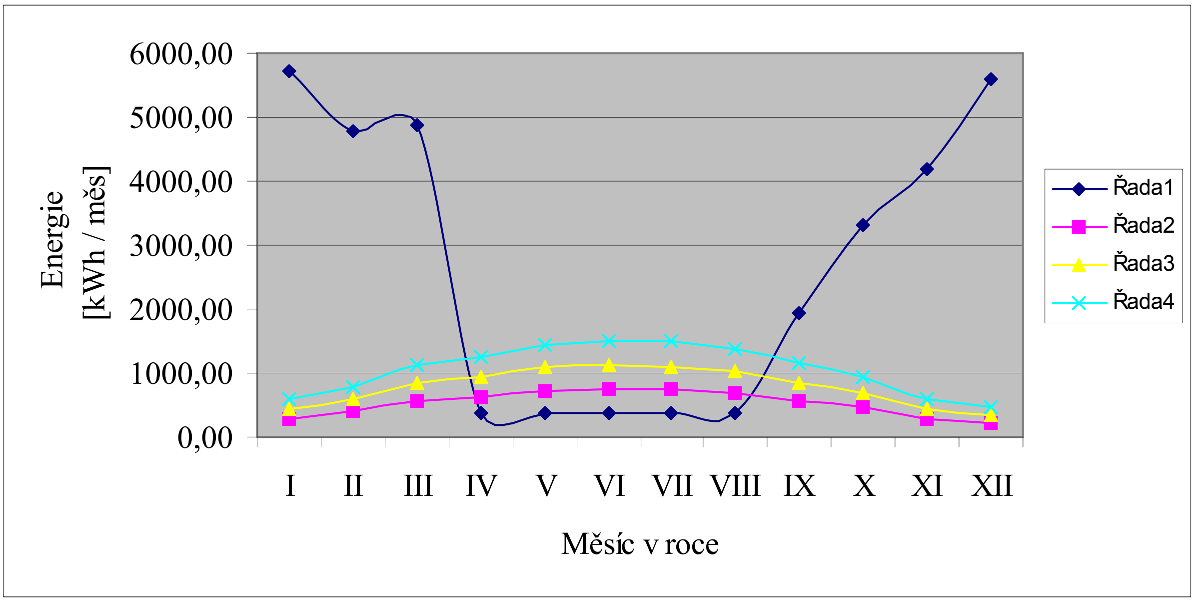
Obr.13 Zisk energie plochých kolektorů při úhlu sklonu 60°

Legenda: Řada1 – Energie potřebná k ohřevu TV a vytápění

Řada2 – Energie získaná ze slunečních kolektorů 4 m^2

Řada3 – Energie získaná ze slunečních kolektorů 6 m^2

Řada4 – Energie získaná ze slunečních kolektorů 8 m^2



Obr.14 Zisk energie z vakuových slunečních kolektorů při sklonu 60°

Legenda:Řada1 – Energie potřebná k ohřevu TV a vytápění

Řada2 – Energie získaná ze slunečních kolektorů 4,3 m^2

Řada3 – Energie získaná ze slunečních kolektorů 6,4 m^2

Řada4 – Energie získaná ze slunečních kolektorů 8,6 m^2

Celková využitá energie z kolektorů za rok pro instalované plochy a sklon 60°:

$$Q_{využ,rok} = \sum_{i=1}^{12} \min(Q_{UA,měs};Q_{celk,měs})\ [kWh]$$

Celková využitá energie z kolektorů se spočítá jako součet minimálních hodnot energie získané z kolektorů $Q_{UA,měs}$ a energie potřebné pro ohřev TV a vytápění $Q_{celk,měs}$ v jednotlivých měsících

Tab. 26 Celková Energie získaná z plochých kolektorů za rok pro instalované plochy a sklon 60°

Typ soustavy	Celková získaná energie $Q_{využ,rok}$[kWh/rok]
S plochým slunečním kolektorem 4 m^2	**3995,3**
S plochým slunečním kolektorem 6 m^2	**5030,6**
S plochým slunečním kolektorem 8 m^2	**6065,9**

Tab. 27 Celková Energie získaná z vakuových kolektorů za rok pro instalované plochy a sklon 60°

Typ soustavy	Celková získaná energie $Q_{využ,rok}$ [kWh/rok]
S plochým slunečním kolektorem 4,3 m^2	**4739,4**
S plochým slunečním kolektorem 6,4 m^2	**6114,0**
S plochým slunečním kolektorem 8,6 m^2	**7554,1**

Stanovení cen energií:

c_{plyn} = 1,06 Kč/kWh – cena za kWh ušetřeného plynu

c_{el} = 2,96 Kč/kWh – cena za kWh ušetřené elektrické energie

η_{plyn} = 95% - účinnost plynu při přeměně na tepelnou energii

η_{el} = 98% - účinnost elektrické energie při přeměně na tepelnou energii

Z tabulky 26 se dozvídáme celkovou získanou energii Q_{CR} z plochých kolektorů za jeden rok. Pokud tuto energii pronásobíme cenami za kWh ušetřené plynové a elektrické energie, dostaneme sumu v Kč, kterou jsme schopni díky solárním kolektorům ušetřit. Tato suma se však ještě podělí účinností přeměn jednotlivých energií. Na základě této úvahy tedy provedeme výpočet pro jednotlivé instalované plochy.

$$S_{plyn} = \frac{Q_{využ,rok} \cdot c_{plyn}}{\eta_{plyn}}$$

$$S_{el} = \frac{Q_{využ,rok} \cdot c_{el}}{\eta_{el}}$$

Tab.28 Získaná úspora z plochých solárních kolektorů za 1 rok pro plyn a el.energii

Instalovaná plocha kolektorů	S_{plyn} [Kč]	S_{el} [Kč]
4 m^2	**4 457,9**	**12 067,4**
6 m^2	**5 613,1**	**15 194,5**
8 m^2	**6 768,3**	**18 321,5**

Tab.29 Získaná úspora z vakuových solárních kolektorů za 1 rok plyn a el.energii

Instalovaná plocha kolektorů	S_{plyn} [Kč]	S_{el} [Kč]
4 m^2	**5 288,2**	**14 314,9**
6 m^2	**6821,9**	**18 466,8**
8 m^2	**8428,8**	**22 816,5**

S_{plyn} – získaná úspora u plynu [Kč]

S_{el} – získaná úspora u elektrické energie [Kč]

– **Výpočet kalkulace návratnosti investice do solárních systémů:**

Tento výpočet se provádí pro konkrétní návrh solárních systémů a většinou je rozhodujícím faktorem pro pořízení vhodného typu slunečního kolektoru. Z tohoto výpočtu lze zjisti za jak dlouho se nám investice do solárního systému navrátí zpět. Je dobré dospět k závěru, že počáteční investice se navrátí dříve než vyprší životnost slunečních kolektorů, která se pohybuje okolo 15-20 let. Pokud si tedy vezmeme celkovou cenu solárního systému a podělíme ho získanou úsporou z kolektorů, vyjde nám počet let za které se nám investice navrátí. K celkové ceně soustavy ještě připočteme náklady na provoz čerpadel. V soustavě uvažuje se třemi čerpadly s s roční spotřebou energie $S_č$ = 500 kWh.

Energie potřebná na provoz čerpadel za 1 rok:

$E_č = 3 \cdot S_č$ [kWh/rok]

$E_č = 3 \cdot 500$

$E_č = \underline{1500}$ [kWh/rok]

Náklady na provoz čerpadel za 1 rok připočtené k celkovým nákladům solárního systému:

$N_č = E_č \cdot c_{el}$

$N_č = 1500 \cdot 2{,}96$

$N_č = \underline{4440}$ [Kč]

Tab. 30 Návratnost investice pro plochý sluneční kolektor

Plocha kolektoru	Celk.cena systému [Kč]	S_{plyn} [Kč]	S_{el} [Kč]	N_{plyn} [roky]	N_{el} [roky]
4 m^2	117 042	4 457,9	12 067,4	26,3	9,7
6 m^2	127 938	5 613,1	15 194,5	22,8	8,4
8 m^2	137 884	6 768,3	18 321,5	20,4	7,5

Tab. 31 Návratnost investice pro vakuový sluneční kolektor

Plocha kolektoru	Celk.cena systému [Kč]	S_{plyn} [Kč]	S_{el} [Kč]	N_{plyn} [roky]	N_{el} [roky]
4 m^2	150 304	5 288,2	14 314,9	28,5	10,5
6 m^2	177 610	6821,9	18 466,8	26,1	9,6
8 m^2	203 207	8428,8	22 816,5	24,1	8,9

N_{plyn} –Návratnost investice pro plyn [roky]

N_{el} – Návratnost investice pro elektrickou energii [roky]

Při pořizování solárního systému je možné využít státních dotací, které sahají do výše 50-ti % celkové ceny solárního systému, avšak maximálně do částky 80 000 Kč. Z této skutečnosti lze tedy vyvodit, že u plochých kolektorů s navrhovanou plochou 4, 6, 8 m^2 a u kolektorů vakuových s navrhovanou plochou 4 m^2 můžeme návratnost investice do systému snížit na polovinu.

6. ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo zpracovat souhrn teplovodních otopných soustav se solárními prvky a provést zhodnocení těchto otopných soustav a vhodnost jejich použití. První část pojednává o obecném popisu otopných soustav, kde se dozvídáme co otopná soustava vlastně je a jaký je její funkční princip. Následuje základní rozdělení otopných soustav z několika hledisek a popis jejich nejčastějších využití. V práci je také ukázán základní zjednodušený postup navrhování teplovodních otopných soustav, potrubních sítí a způsobu jejich rozvodů. Na dobrý návrh funkční otopné soustavy má vliv mnoho činitelů, které jej znesnadňují. Avšak stále technicky vyvíjející se komponenty soustav jsou dobrou vyhlídkou pro zlepšení a zjednodušení návrhů soustav. První část práce je tedy spíše zaměřena na teoretický popis komponentů otopných soustav a vhodnost jejich využití v kombinaci se solárními prvky.

V problematice solárních systémů jsem se zabýval využitím slunečního záření, k získání tepelné energie pomocí slunečních kolektorů. V několika posledních letech si lze všimnout narůstajícího zajmu společnosti o tento způsob získávání energie využívaný nejčastěji pro ohřev TV nebo vytápění popřípadě jejich kombinací. Solární zdroje tepla jsou vhodné především pro nízkoteplotní otopné soustavy, které se navrhují pro moderní nízkoenergetické domy z důvodů nižšího pokrytí energie. Solární systémy se ovšem dají s výhodou využít i u starších domů, když jejich efektivita klesá.

V porovnání solárních kolektorů jsem se zabýval výpočty celkové energie pro přípravu TV a vytápění za určitou dobu. Pro výpočty jsem zvolil rodinný dům, obývaný čtyřmi lidmi,s plochu pro osazení slunečních kolektorů orientovanou na jih a střední měsíční teploty naměřené pro Brno. V dalším kroku jsem provedl analýzu slunečního záření a určení celkové energie, kterou jsou nám schopny kolektory dodat v jednotlivých měsících v roce. Na základě zjištění celkové energie, kterou jsou nám kolektory schopny dodat můžeme zjistit dobu návratnost investice.

Vyhodnocení návratnosti pořízení solárního systému v porovnání s elektrickou energií a plynem je patrno z výše uvedených tabulek č 30. a 31.

Ploché sluneční kolektory při použití plynu se vyplatí použít při instalované ploše kolektorů větší než 8 $m^{2.}$ Při použití elektrické energie je návratnost investic zajímavá již při menších plochách instalovaných kolektorů.

Návratnost u vakuových trubicových kolektorů je horší vzhledem k jejich pořizovací ceně.Jejich využití se jeví vhodné především při srovnání s elektrickou energií.

Seznam použité literatury

[1] BAŠTA, J. Otopné soustavy - teplovodní : sešit projektanta-pracovní podklady. Společnost pro techniku prostředí, Praha 1, 1998. 83 s. ISBN 80-02-01254-2

[2] BAŠTA, J a kol. Topenářská příručka. První vydání. Praha: GAS s.r.o.,2001. 1122 s ISBN 80-86176-82-7

[3] Vlach, J. – Zásobování teplem a teplárenství, Nakladatelství technické literatury, Praha 1989

[4] FRIDRICH, V. – Vytápění, Informační a poradenské středisko ČEZ, a.s. Společnost pro techniku a prostředí, 1996

[5] www.sever.cz/text.asp?clanek=3051, čerpáno 10.4 2009-05-28

[6] www.i-ekis.cz/?page=slunce_teplo, čerpáno 22.4 2009

[7] www.viessmann.cz, čerpáno 26.4.2009

[8] www.tzb-info.cz

[9] www.chmi.cz/meteo/ok/okdat81.html, čerpáno 9.5.2009

[10] ZAJÍČKOVÁ BÁRTOVÁ. S. Analýza slunečního záření v ČR pro ohřev TV. topenářství instalace.2008,č.11,s.92-98.

[11] http://www.regulus.cz/cenik/Cenik_REGULUS.pdf, čerpáno 19.5.2009

Seznam použitých zkratek a symbolů

značka	význam	jednotka
c	Měrná tepelná kapacita	[J/kg .K]
V_{celk}	Celkový objem spotřeby TV za den	[m^3]
t_{12}	Teplotní spád	[°C]
t_1	Vstupní teplota	[°C]
t_2	Výstupní teplota	[°C]
t_i	Průměrná vnitřní teplota domu	[°C]
t_e	Střední měsíční teplota naměřená pro Brno	[°C]
t_{w1}	Vstupní teplota do otopného tělesa	[°C]
t_{w2}	Výstupní teplota z otopného tělesa	[°C]
t_{Tpmax}	Nejvyšší teplota povrchu otopných těles	[°C]
t_{wm}	Střední teplota otopného tělesa	[°C]
t_m	Střední teplota absorbéru	[°C]
t_a	Střední teplota v době slunečního svitu	[°C]
τ_{teor}	Teoretická doba slunečního svitu	[hod]
α	Součinitel absorpce absorbéru	[-]
τ	Součinitel transmise trans. krytu	[-]
η_k	Průměrná účinnost slunečního kolektoru	[-]
U_{pk}	Součinitel měrné tepelné ztráty pro ploché kolektory	[W/m^2.K^1]
U_{vk}	Součinitel měrné tepelné ztráty pro vakuové kolektory	[W/m^2.K^1]
Q_c	Celková tepelná ztráta objektu	]kW]
ρ	Hustota vody	[kg/m^3]
$Q_{VYT/den}$	Celková energie potřebná pro vytápění na 1 den	[kWh/m^2.den]
$Q_{TV/den}$	Celková energie potřebná pro ohřev TV na 1 den	[kWh/m^2.den]
$Q_{celk/rok}$	Celková energie potřebná pro ohřev TV a vytápění	[kWh/m^2.rok]

$Q_{UA,den}$	Celková upravená energie zachycená absorpční plochou	[kWh/m^2.den]
$H_{den\ teor}$	Teoreticky možná energie dopadající na plochu	[kWh/m^2]
$G_{stř}$	Střední intenzita slunečního záření	[-]
TV	Teplá voda	[-]
JOS	Jednotrubková otopná soustava	[-]
JVOS	Jednotrubková vertikální otopná soustava	[-]
JHOS	Jednotrubková horizontální otopná soustava	[-]
N_{plyn}	Návratnost investice pro plyn	[roky]
N_{el}	Návratnost investice pro elektrickou energii	[roky]
S_{plyn}	Získaná úspora u plynu	[Kč]
S_{el}	Získaná úspora u elektrické energie	[Kč]