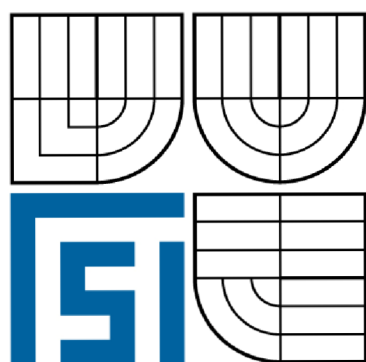


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TUV V RODINNÉM DOMĚ **SOLÁRNÍMI KOLEKTORY**

HEATING AND DOMESTIC HOT WATER PREPARING IN FAMILY HOUSE USING
SOLAR COLLECTOR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

DAVID LANGER

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. MICHAL JAROŠ, DR.

BRNO 2009

ANOTACE

Předmětem této práce je praktický návrh solárních kolektorů pro ohřev teplé užitkové vody (TUV) a pro vytápění rodinného domu. Součástí je i přehled dalších použitelných alternativních zdrojů energie pro vytápění. Dále bude posouzena finanční návratnost instalace solární soustavy v kombinaci s dalšími vytápěcími systémy.

ANNOTATION

Subject of this banchelor's thesis is to design a solar cell - warm water heating systém, which would be used for heating of water and of a family house. Summary of basic options of alternative resources for heating is included. The assesment of economic backflow, when using solar system in combination with other types of energy systems will be as well covered.

Klíčová slova

solární, energie, kolektor, alternativní zdroje

Key words

solar, energy, collector, alternative resources

Bibliografická citace závěrečné práce:

LANGER, D. *Vytápění a ohřev TUV v rodinném domě solárními kolektory*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 37 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Michal Jaroš, Dr.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji tímto, že bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně na základě uvedené literatury pod vedením vedoucího bakalářské práce.

.....

podpis

Poděkování :

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Michalu Jarošovi, Dr. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne

Obsah

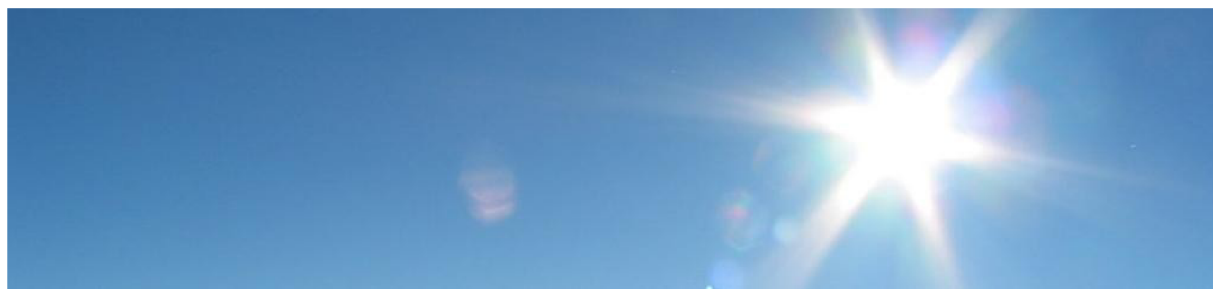
ÚVOD.....	8
1 SLUNCE	9
1.1 Dopad záření na zemský povrch.....	9
2 VYUŽÍVÁNÍ SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ.....	11
2.1 Pasivní využívání sluneční energie.....	11
2.2 Aktivní využití sluneční energie pro výrobu tepla.....	12
2.2.1 Vzduchové solární tepelné systémy.....	12
2.2.2 Kapalinové solární tepelné systémy.....	12
2.2.3 Sklon a orientace plochy, na níž sluneční záření dopadá.....	17
2.2.4 Teplonosné látky pro kapalinové solární soustavy.....	17
3 OSTATNÍ ZDROJE ENERGIE.....	19
3.1 Plynový a elektrický kotel	19
3.1.1 Elektrický kotel.....	19
3.1.2 Plynový kotel.....	19
3.2 Krby a kotle na tuhá paliva nebo biopaliva.....	20
3.2.1 Kotle na tuhá paliva.....	20
3.2.2 Kotle na biomasu.....	20
3.2.3 Krby	20
3.3 Tepelná čerpadla.....	21
3.3.1 Kolektor-Voda	21
3.3.2 Vrt-Voda.....	22
4 POLOHA POZEMKU A SPECIFIKACE BUDOVY.....	23
4.1 Poloha pozemku	23
4.2 Nízkoenergetický dům.....	23
4.2.1 Uvažovaný rodinný dům.....	24
5 VÝPOČET POTŘEBY ENERGIE PRO DŮM.....	26
5.1 Potřeba tepla na přípravu teplé vody.....	26
5.2 Stanovení plochy kolektorů pro přípravu teplé vody.....	27
5.3 Potřeba tepla na vytápění	27
5.4 Stanovení plochy kolektorů pro přípravu TUV a vytápění.....	28
5.5 Konkrétní výpočet pro dům.....	28
6 VÝPOČET BIVALENTNÍHO SYSTÉMU.....	29
6.1 Volba solárního systému.....	29
6.2 Solární panely + Plynový kotel.....	31
6.3 Solární panely + Pelety.....	31
6.4 Solární panely + Tepelné čerpadlo (Kolektor – voda).....	32
6.5 Porovnání celkových nákladů.....	33
7 ZÁVĚR.....	35
8 ZDROJE.....	36
9 PŘÍLOHY.....	37

ÚVOD

Jedním z hlavních ekonomických problémů dnešní doby je neustálé zvyšování cen energií, zejména vlivem ztenčování zásob jejich neobnovitelných zdrojů, jako jsou například uran a fosilní paliva. Hlavním důvodem je bezesporu fakt, že většina lehce dostupných zdrojů byla již vytěžena a pro získání dalších jsou zapotřebí nákladnější metody.

Východiskem z této situace je využití alternativních neboli obnovitelných zdrojů energie (energie vody, geotermální energie, biomasa, energie větru...), které budou méně finančně náročné na provoz. Tato bakalářská práce se bude zabírat jedním z nejpoužívanějších a bezesporu z nečistších obnovitelných zdrojů energie dnešní doby – Sluncem.

Sluneční energie představuje jednu z nejlepších cest ke snížení cen energií nejen v domácnostech. V našich geografických podmínkách není její využití tak výhodné jako v zemích ležících blíže k rovníku, nicméně i přes tento fakt je sluneční záření velice vydatným alternativním zdrojem energie, a proto by byla škoda jej nevyužít.



Obr. 1: Slunce, jak je známe

Cíle, kterých bude dosaženo :

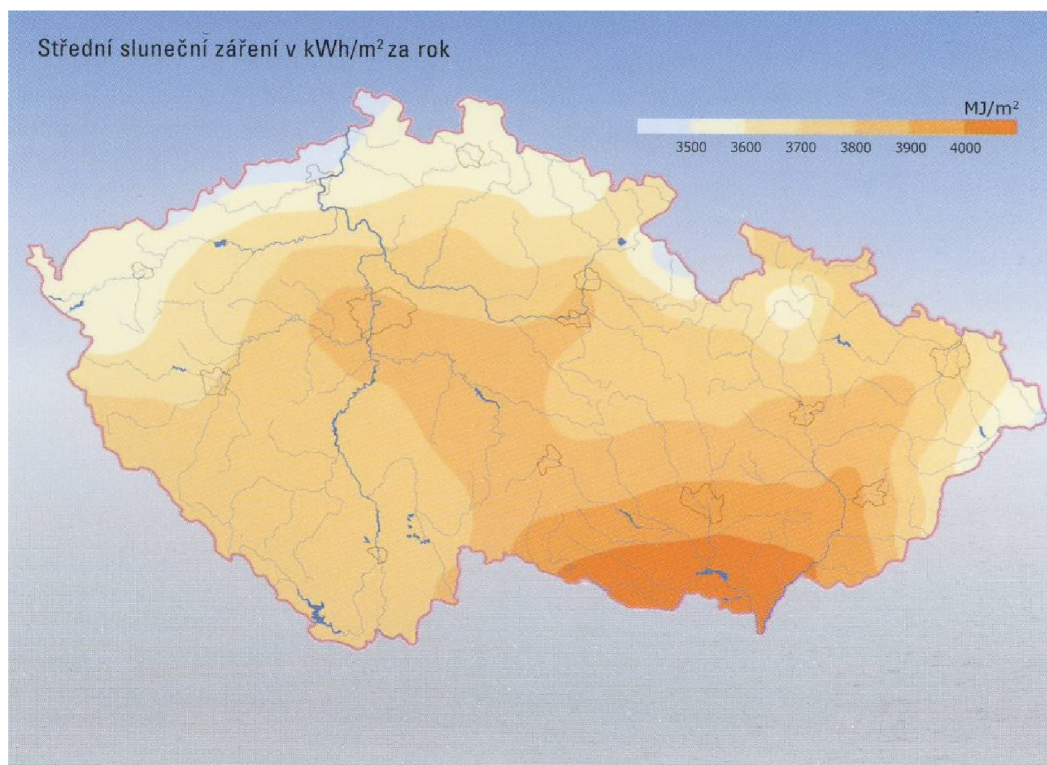
- Hlavním cílem této práce bude přiblížit čtenáři problematiku využívání sluneční energie jako alternativního zdroje. Její hlavní výhody a nevýhody, princip funkce a možnosti využití.
- Následně budou zpracovány výpočty, adekvátní návrhy a návratnost těchto systémů, s ohledem na nejnovější trendy a technologie.
- Dále se tato práce bude snažit objasnit obecnou problematiku obnovitelných zdrojů energie, popsat hlavní možnosti a využití těchto zařízení v domácnostech. Budou zhodnoceny jejich přednosti a pomocí výpočtů bude zvolena ta nejideálnější soustava pro daný rodinný dům.
- Veškeré hodnoty získané výpočty budou zpracovány do přehledných grafů, tabulek a slovně vyhodnoceny.

1 SLUNCE

(Převzato z [12])

Slunce vyrobí pomocí termojaderné reakce každou sekundu kolem $3,8 \cdot 10^{26}$ W energie. Z tohoto množství energie je roční dopad záření na naši zeměkouli kolem $1,7 \cdot 10^{17}$ kWh, což představuje asi dvě miliardtiny celkové energie Slunce. Ze Slunce dopadá na naši zemi 15 000 krát více energie, než činí naše současná spotřeba. Tuto energii můžeme použít pro výrobu elektrické energie nebo pro výrobu tepla. Elektrickou energii vyrábíme pomocí křemíkových fotovoltaických článků a teplo pomocí solárních kolektorů. Teplo získané v kolektorech se dá dále využívat pro přitápění v místnostech, pro ohřev TUV nebo pro sušení rostlin a dřeva.

Sluneční kolektory, získávající energii fototermickým dějem, jsou v současné době nejperspektivnějším způsobem, který nám pomáhá jímat a přenášet energii ze Slunce. Využíváme je hlavně z důvodu jejich relativně nízké ceny a vysoké účinnosti (kolem 60 %). Dnešní typy kolektorů se vyznačují velkou absorpcí slunečního záření a zároveň malou emisivitou, tzn. schopností přijímat a zároveň málo odrážet sluneční záření.



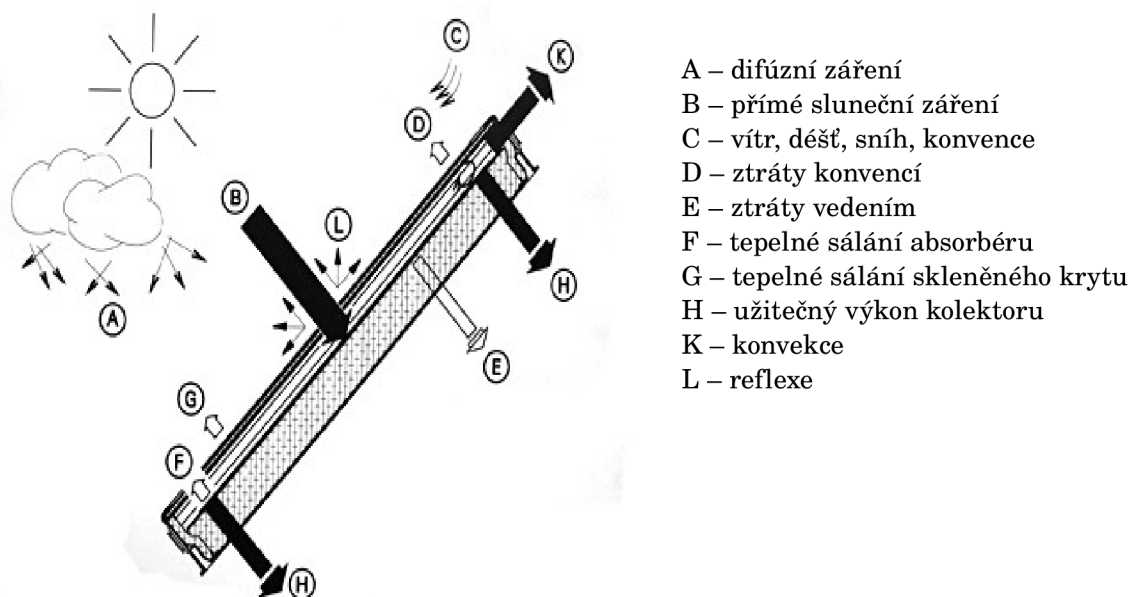
Obr. 2: Mapa intenzity slunečního záření v ČR [7]

1.1 Dopad záření na zemský povrch

Záření opouštějící Slunce není na cestě k Zemi nijak stíněno nebo pohlcováno, má jenom sníženou intenzitu a přichází na hranici atmosféry v podobě, v níž opustilo Slunce. Na plochu 1 m² kolmému k slunečním paprskům dopadá na povrch zemské atmosféry zářivý tok cca $1367 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ [1]. Tento tok nazýváme sluneční konstantou G_{sc} . Sluneční záření dopadající na Zemi vstupuje do atmosféry ve výšce zhruba 700 km od zemského povrchu. Ve výškách 20 až 30 km se nachází

vrstva s velkým obsahem ozónu (ozonoféra). Zde se pohlcuje největší část životu nebezpečného ultrafialového záření. V nejnižších vrstvách atmosféry (v troposféře) dochází k pohlcování slunečního záření vodní párou, CO₂, prachem a kapkami vody v mracích.

Z obrázku 3 je patrné kolik záření ze Slunce dopadá na zemi. Asi 30 % je odraženo zpátky do vesmíru a kolem 19 % z celkového energetického toku je absorbováno mraky a atmosférou. Zhruba polovina z celkového záření je spotřebována samotnou Zemí, ať už pro oteplování Země nebo pro fotosyntézu. Solární záření dopadá na zemský povrch ve dvou formách - rozptýleném (difúzním) a přímém záření. Dohromady pak obě formy tvoří celkové (globální) záření. Rozptýlené záření vzniká rozptylem přímého slunečního záření v atmosféře, zejména působením vodních par, a odrazem od zemského povrchu. Je všesměrné, nevytváří stíny a nelze jej pomocí zrcadel a čoček koncentrovat nebo jen velmi omezeně. [1]



- A – difúzní záření
- B – přímé sluneční záření
- C – vítr, déšť, sníh, konvence
- D – ztráty konvecí
- E – ztráty vedením
- F – tepelné sálání absorbéru
- G – tepelné sálání skleněného krytu
- H – užitečný výkon kolektoru
- K – konvekce
- L – reflexe

Obr. 3: Schéma skladby slunečního záření a ztrát [1]

2 VYUŽÍVÁNÍ SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ

Sluneční záření můžeme využít v pasivních nebo v aktivních solárních systémech. V následující kapitole budou popisovány hlavní části těchto systémů a jejich vlastnosti.

Pasivní solární systémy jsou všechny, které ke své činnosti nepoužívají žádných dalších technických zařízení. Využívá se pouze konstrukce budovy, vhodné orientace nebo umístění budovy na pozemku.

Aktivní systémy zahrnují například kolektory nebo fotovoltaické články, které pro využití sluneční energie využívají přídavný systém. Tyto soustavy mohou získávat energii přeměnou slunečního záření na teplo (prostřednictvím teplosměnné látky) nebo na elektřinu (díky fotovoltaickým článkům na bázi křemíku). V této práci budou popsány hlavní systémy využívající slunce pro ohřev TUV nebo otop v místnostech, konkrétně se bude hovořit o kapalinových tepelných systémech. Využití aktivního systému zaručuje nejefektivnější využití sluneční energie, je levné a dá se instalovat i do již postavených domů, protože při budování systému nemusíme zásadně zasahovat do architektury objektu.

2.1 Pasivní využívání sluneční energie

Budovy, které se v co největší míře snaží využívat sluneční energii pomocí čistě stavebních prostředků, bez použít jakýchkoliv dalších technických zařízení, se nazývají pasivní heliotechnické budovy. Za pasivní solární systém lze považovat celou budovu nebo pouze nějakou její část. Při projektování těchto budov je dbáno na orientaci domu a na jeho členění. Největší efektivity lze dosáhnout umístěním oken, prosklených ploch a dveří na jih, kde je předpoklad největších tepelných zisků. Členění domu musí být minimální (ideálně kostka). Při navrhování zahrad se využívá vhodného stínění listnatými stromy, které zabrání přehřívání interiéru v letním období.

Vybrané typy pasivních solárních systémů

Akumulační solární stěny - jedním z nejstarších stavebních prvků využívající slunce. Zeď, stěny a podlaha jsou z masivních stavebních materiálů s vysokou tepelnou kapacitou. Jižní zeď funguje jako kolektor který zabraňuje přehřátí při slunečním svitu a následně uvolňuje teplo, při poklesu teploty. Teplo se do budovy šíří sáláním akumulované energie ze stěn.

Trombeho stěna - je nejpoužívanější typ akumulací solární stěny. Stěna je z vnějšku natřena velmi tmavou barvou. Asi 10 cm před stěnu je připevněna prosklená plocha, která obklopuje celou stěnu nebo její část. Stěna je ze všech stran uzavřená, aby nemohl ohříváný vzduch nemohl uniknout. U podlahy a u stropu má stěna uzavíratelné průduchy, kterými se dá regulovat teplota v místnosti. Teplo se šíří do místnosti radiací ze stěny (s příslušným fázovým zpožděním) a konvekcí přes průduchy ve stěně.

Nezasklený solární vzduchový kolektor - Základem je tmavý, děrovaný trapézový plech, jenž se umísťuje na fasádu ve vzdálenosti 2 - 4 cm od zateplené obvodové stěny. Ventilátor odsává vzduch přes děrování a tím vytváří podtlak mezi fasádou a plechem. Vzduch stoupá dutinou, ohřívá se a je dále rozváděn do místností přes ventilační jednotku. Efektivita tohoto systému je i díky své jednoduchosti kolem 60% a za ideálních podmínek můžeme zvýšit teplotu až o 20°C. Nejčastěji se tento systém používá u průmyslových objektů, protože je potřeba jižně orientované střechy bez oken.

Energetická střecha - Jedná se o vzduchový kolektor zabudovaný do roviny střešní konstrukce. Většinou se tento způsob kombinuje se stěnovým vzduchovým kolektorem. Systém je vhodný zejména pro šikmé střechy s úhlem sklonu nejméně 30°.

Energetická fasáda - Jsou to jednoduché kolektory, jejichž transparentní vrstvu tvoří skleněná deska předsažená před normální fasádou objektu. Tento systém lze v zimě používat pro vytápění a v létě je teplo odváděno přirozenou cirkulací z plochy fasády a funguje jako klimatizace.

2.2 Aktivní využití sluneční energie pro výrobu tepla

Tento systém je založen na principu přeměňování sluneční energie na energii tepelnou, která je následně přenášena z kolektorů teplonosnou látkou. Teplonosná látka je buď kapalina nebo vzduch. Obě mají své výhody a své nevýhody. Teplo získané ze solárních kolektorů se skladuje v akumulacích nádržích umístěných většinou v kotelně. Vhodně zvolená soustava je velice nenáročná na obsluhu a může uspořit až 40 % energie pro vytápění či 40-70 % [8] energie pro ohřev TUV. Solární kolektory nelze použít jako hlavní a jediný zdroj energie a je nutné použít ještě přídatný zdroj který bude ohřívát potřebnou vodu v případě nízké sluneční aktivity nebo při zvýšené spotřebě. Většinou se kombinuje akumulacní nádrž spolu s elektrickým bojlerem, který lze automaticky nastavit na požadovanou teplotu a ten si sám reguluje výstupní teplotu. Při použití sluneční energie pro vytápění lze také použít automatický kotel na plyn nebo elektrickou energii, kotel na biopaliva nebo klasický krb.

2.2.1 Vzduchové solární tepelné systémy

Teplonosnou látkou u těchto soustav je vzduch. Tyto systémy lze použít zejména pro přitápění větších objektů nebo v zemědělství, jako přístroj pro sušení plodin. Tento systém je méně využívaný z důvodů užití vzduchu jako teplonosné látky. Vzduch má oproti kapalině menší měrnou tepelnou kapacitu c ($\text{J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) a malou objemovou kapacitu c_r ($\text{J.m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$). V praxi se dá říci, že vzduch je asi 6-10 krát méně účinný než kapalina. Proto je nutné odlišně dimenzovat celý systém, hlavně pak vedení musí být několikanásobně větší pro zvětšení a zrychlení průtoku vzduchu. Velkou výhodou teplovzdušných kolektorů je jejich dobrá výhřevnost i při nízké sluneční aktivitě. Protože teplonosná látka může být ihned použita pro teplovzdušné přitápění místností nebo pro sušení. Další nespornou výhodou je její finanční nenáročnost, vysoká účinnost i při nízkých teplotách látky, která znamená velkou výhodu při použití pouze pro přitápění nebo sušení ve větších objektech. Naopak nevýhoda je, že vlhkost vzduchu obsažená ve vzduchu při proměnlivém počasí způsobuje kondenzaci par na vnitřních plochách kolektorů. Také prach obsažený ve vzduchu se na vnitřní straně zasklení může usazovat a zhoršovat účinnost kolektoru.

2.2.2 Kapalinové solární tepelné systémy

Tyto systémy používají jako teplonosnou látku nemrznoucí kapalinu. Tyto soustavy se mohou rozdělit podle použití, provozních režimů, způsobu oběhu teplonosné kapaliny, počtu okruhů či velikosti průtoků kapaliny. V této kapitole budou rozebrány nejdůležitější typy těchto systémů.

Rozdělení podle použití

Soustavy pro ohřev vody – tyto soustavy zajišťují pouze ohřev TUV nebo ohřev vody v bazénu.

Soustavy pro přitápění nebo vytápění – soustavy využívané pro přitápění jsou

mnohem složitější. Nejčastěji se používají v kombinaci s ohřevem vody. Protože v průběhu letních měsíců je nadbytečné teplo, které není potřebné k přitápění, využito pro ohřev vody. Tyto systémy lze rozdělit do dvou skupin :

Soustavy s akumulací – teplo získané v kolektorech se ukládá do akumulčních nádrží. V době potřeby je teplo získáváno z těchto akumulčních nádrží. Z tohoto zařízení se teplo zužitkovává v období se sníženou nebo nulovou sluneční aktivitou. Při správném návrhu soustavy lze získat maximální možnou energii ze slunce. Tato soustava bude fungovat i při zhoršených světelných podmínkách a proto nebude nutné tak často zapínat bivalentní energetický zdroj. Nevýhodou jsou zatím stále velmi vysoké pořizovací náklady na soustavu, značná prostorová náročnost (většinou je potřeba celá menší místnost), relativně velká složitost soustavy a také závislost na vhodných meteorologických podmínkách.

Soustavy bez akumulace – tyto soustavy pracují bez jakéhokoliv akumulčního zařízení, proto veškerá energie získaná ze slunce je okamžitě spotřebována. Soustavy bez akumulčních nádrží jsou využívány hlavně v přechodných obdobích (jaro, podzim). Při nedostačujících tepelných podmínkách se solární systém vypne a jako hlavní zdroj energie se použije bivalentní systém (plynový kotel, tepelné čerpadlo...). V letních měsících se tato soustava využívá pro ohřev vody v bazénu nebo TUV. Výhody oproti soustavám s akumulční nádrží jsou nižší pořizovací náklady a relativně vyšší účinnost v přestupných měsících, protože odpadají ztráty způsobené přestupem tepla v akumulční nádrži. Hlavní nevýhodou je velice nerovnoměrný tepelný zisk.

Rozdělení podle provozních režimů

Soustava se sezónním provozem – u těchto soustav se nepředpokládá využívání v zimních měsících. V těchto systémech se využívají hlavně nejzákladnější a většinou i nejlevnější systémy. Jako teplonosnou látku lze použít vodu. Kolektor je napojen přímo na výměník, odkud do něj proudí studená voda a po ohřátí jde voda z kolektoru zpět do výměníku. Jako příklad nejjednoduššího ohřevu lze použít solární kolektor napojený na čerpadlo k bazénu. Voda se napřed přefiltruje přes pískový filtr a místo toku do trysek voda proteče přes soustavu solárních kolektorů, kde se ohřívá. Ohřátá voda se opět napojí na systém a proudí přímo do bazénu. Před příchodem prvních mrazů je nezbytné celou soustavu odstavit a vypustit, aby nedošlo k poškození systému mrazem.

Soustava s celoročním provozem - soustava je koncipována pro provoz i během zimních měsíců. Proto je nutné použít soustavu dvouokruhovou s výměníkem tepla a nemrzoucí směsí v primárním okruhu.

Rozdělení podle počtu okruhů

Jednookruhové - tyto soustavy nemají výměník tepla a kolektory jsou napojeny přímo na spotřebič, to znamená, že energie jde přímo k zásobníku tepelné vody nebo do podlahového topení. Jako teplonosnou látku používáme ve většině případů vodu. Výhodou této soustavy je maximální možná účinnost přenosu tepla, menší pořizovací náklady a jednoduchost. Nevýhodou je sezónní provoz.

Dvouokruhové - primární okruh slouží k získávání tepelné energie ze Slunce. Ta je dopravována do výměníku tepla, který ji předává sekundárnímu okruhu. Primární okruh je obvykle napuštěn nemrzoucí teplonosnou kapalinou (tím je vyřešen problém s celoročním provozem), sekundární okruh je většinou naplněn vodou. V této soustavě je oddělena část výrobní a část spotřební. Což je důležité především u soustav s akumulací slunečního tepla. Takto konstruované soustavy jsou nejrozšířenější a to i přes jejich vyšší pořizovací náklady a menší účinnost.

Rozdělení solárních kolektorů podle konstrukce

Solární kolektory nejsou sice nejdokonalejším systémem na trhu, ale vzhledem k ceně a jednoduchosti instalace jsou tyto systémy nejvyužívanější alternativní zdroj energie.

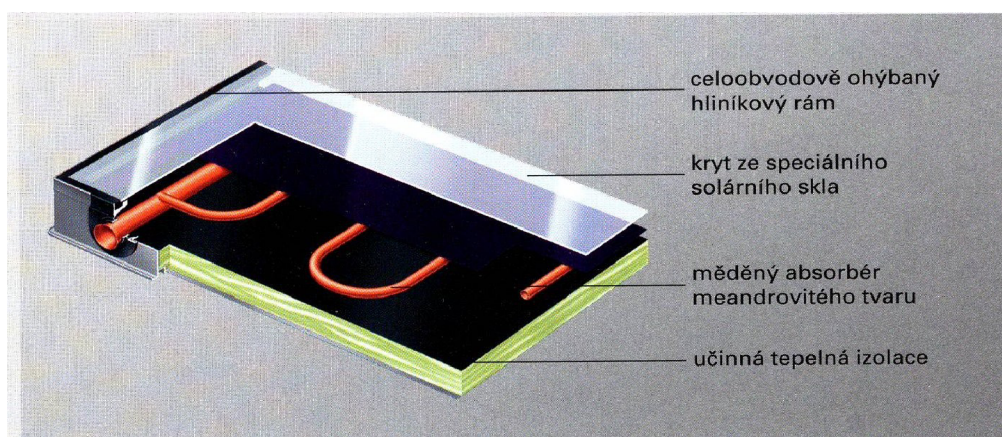
Existuje několik druhů fototermických solárních kolektorů. Jelikož nejsme v nejvhodnějším slunečním pásmu, je třeba maximálně využít veškerou energii kterou nám slunce poskytne. Každý kolektor má své klady a zápory, je pouze na nás jaký si vybereme, zpravidla platí, že čím dražší kolektor koupíme, tím bude mít lepší vlastnosti.

Plochý deskový kolektor:

Nezákladnější solární kolektor, který se dá použít pouze pro sezonní vytápění nebo pro ohřev vody v rekreačních objektech. Nedoporučuje se jej využívat jako celoroční zdroj tepla pro ohřev vody, protože v zimních měsících je ochlazování skla okolím natolik velké, že slunce nedokáže ohřát kapalinu na požadovanou teplotu. Velmi výhodný je zejména pro jednoúčelový ohřev vody do bazénu.

Tabulka 1: Klíčové vlastnosti plochého deskového kolektoru

Výhody	Nevýhody
<ul style="list-style-type: none"> velmi příznivá cena vysoká účinnost v letních měsících 	<ul style="list-style-type: none"> nedokáže přijímat difúzní teplo při poškození nutná výměna celého kolektoru nutno odebírat přebytečné teplo



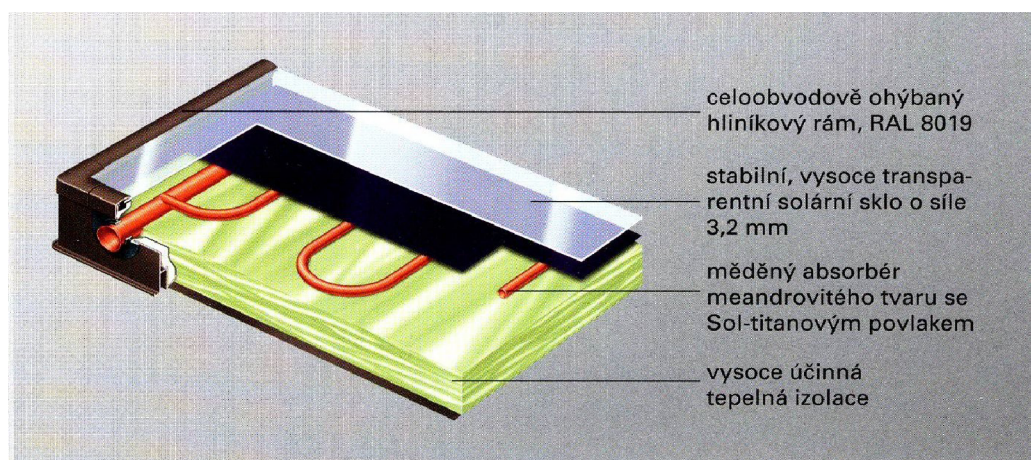
Obr. 4: Plochý deskový kolektor [16]

Plochý deskový vakuový kolektor:

Je o něco dražší a výkonnější než obyčejný deskový kolektor, díky své vakuové vrstvě a borosilikátovému (transparentnímu) sklu má nižší energetické ztráty a dá se tedy použít i při nižších teplotách. Navíc již dokáže přijímat v omezené míře difúzní teplo, které hraje vysokou roli při zhoršených podmínkách.

Tabulka 2: Klíčové vlastnosti plochého deskového vakuového kolektoru

Výhody	Nevýhody
<ul style="list-style-type: none"> vysoká účinnost v letních měsících schopnost částečně přijímat difúzní teplo schopnost pracovat i v zimě 	<ul style="list-style-type: none"> dražší než u předchozí model poškozený kolektor je prakticky neopravitelný nutno odebírat přebytečné teplo



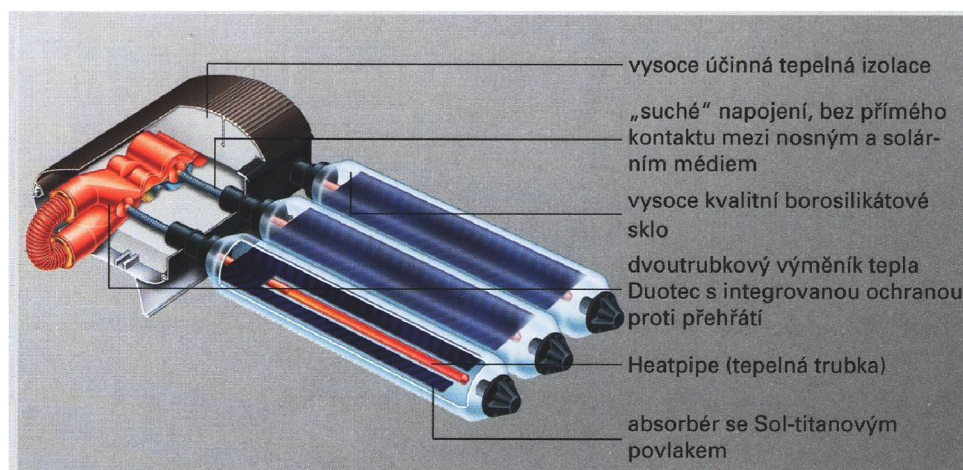
Obr. 5: Plochý deskový vakuový kolektor [16]

Vakuový trubicový přímo protékaný kolektor (heat-pipe) :

Pro naše podmínky ten nejvýkonnější systém. Má velice malé tepelné ztráty a dosahuje vyšší účinnosti během ranních a večerních hodin. Relativně vysokou účinnost lze předpokládat i během zimních měsíců a díky nemrznoucí kapalině lze tento systém používat i při teplotách hluboko pod bodem mrazu. Další výhodou je snadná výměna trubice při poškození. Vakuové trubice se vyměňují bez nutnosti systém odzdušňovat a demontovat. Pouze se vysune poškozená samostatná vakuová trubice a nahradí se novou. Hlavní nevýhoda je poměrně nízká účinnost v letních měsících, ale s ohledem na to, že se kolektory používají převážně v přechodných měsících, není tato nevýhoda až tak významná. Další nevýhodou je vznik nedostatečného kontaktu (přenos) mezi heat-pipe a sběrným potrubím, což se může stát při nekvalitní výrobě či stárnutím kolektoru. Tím se nám výrazně sníží efektivita kolektorů.

Tabulka 3: Klíčové vlastnosti kolektoru vakuového trubicového přímo protékaného

Výhody	Nevýhody
vyrovnanější výkon	cena
bezproblémová výměna naprasklých trubíc absorbuje difuzní záření	nižší účinnost v letních měsících nutná vysoká kvalita montáže



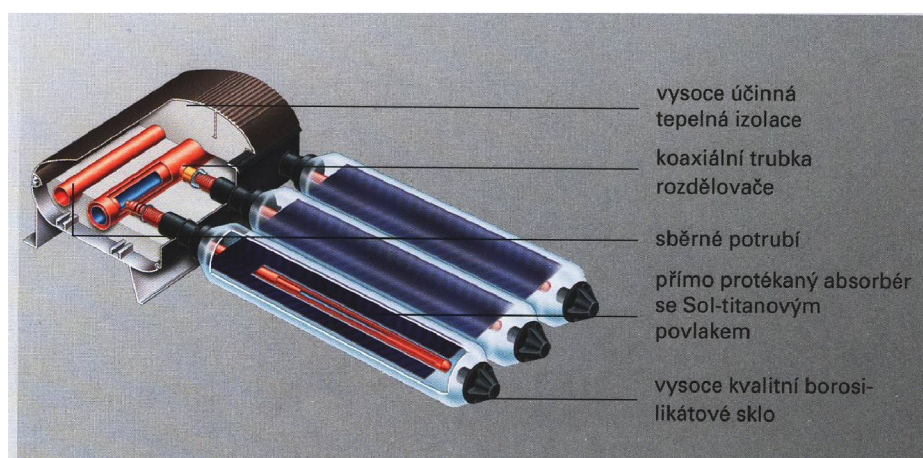
Obr. 6: Vakuový trubicový přímo protékaný kolektor [16]

Vakuový trubicový kolektor (U-pipe):

Má podobné vlastnosti jako heat-pipe. Díky protékání primární nemrznoucí kapaliny odpadá možnost špatného přenosu absorbovaného tepla z heat-pipe do sběrného potrubí. Při správném nadimenzování soustavy (nepřehřívání systému) jde o celoročně nejúčinnější způsob získávání tepla.

Tabulka 4: Klíčové vlastnosti vakuového trubicového kolektoru

Výhody	Nevýhody
trubice se dají optimálně nasměrovat regulace toku při vysokých teplotách výborně absorbuje difuzní záření	nutná vysoká kvalita montáže nejdražší z těchto kolektorů

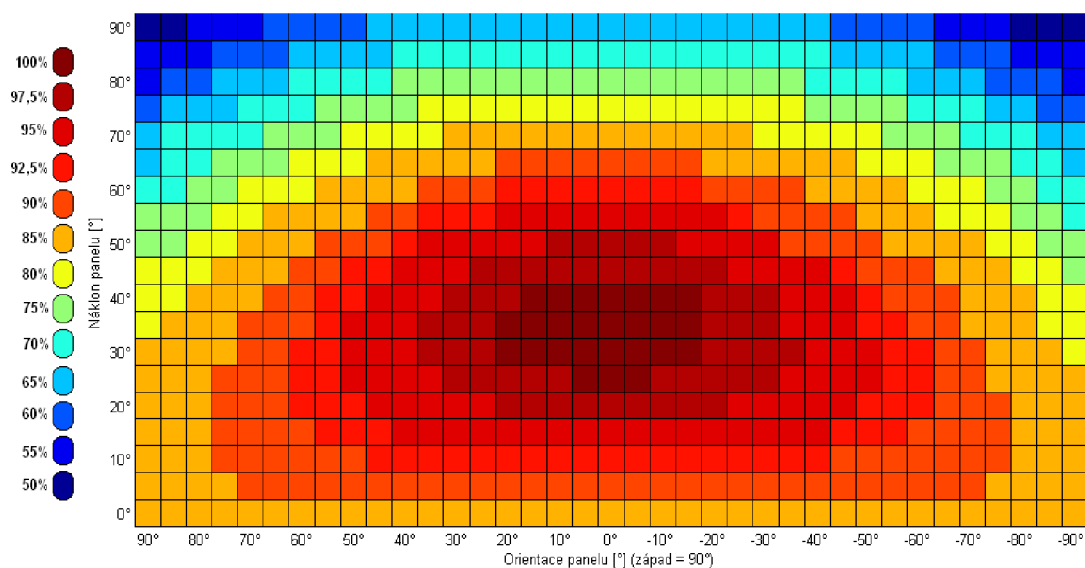


Obr. 7: Vakuový trubicový kolektor [16]

2.2.3 Sklon a orientace plochy, na níž sluneční záření dopadá

Nejčastěji se solární kolektory umísťují na jižní strany střech domů, kde je celoročně největší intenzita světla. Tím je dosaženo optimálního výkonu kolektoru. Dalším faktorem ovlivňujícím výkon je sklon střechy, který určuje naklonění kolektoru. Při instalaci kolektoru přímo na střechu domu, musí být navíc započítány ztráty z výkonu které lze orientačně odečíst z obr.8. Jiná situace však nastane u domu s rovnou střechou. V tomto případě lze kolektory na rám upevnit a nasměrovat je nejvhodnějším směrem. Rám lze upevnit i na slunné místo mimo střechu a to v případě nevyhovující střechy. U takové varianty je vhodné dbát na to, aby kolektory byly co nejbližší domu a potrubí vedoucí do zásobníku a z něj bylo co nejkratší, kvůli snížení tepelných ztrát.

Sklon kolektoru je důležitý pro výkon celého systému. Ideálního výtěžku by bylo možno dosáhnout za předpokladu, že by světlo dopadalo kontinuálně kolmo na kolektor. Proto se snažíme ideálně naklonit kolektor již při montáži. Optimální sklon pevného kolektoru je v různých ročních obdobích odlišný, neboť Slunce je v létě položeno výše než v zimě. Je-li plocha kolektoru orientována na jih, lze v letním období získat největší výnosy při sklonu 20° - 30°. V zimních měsících by byl nejvhodnější úhel přibližně 60°. Pro celoroční využití k ohřevu pitné vody je v našich zeměpisných šířkách u skromně dimenzovaných kolektorů ideální sklon 50°.



Obr. 8: Vliv naklonění a nasměrování panelu na jeho výkon [1]

2.2.4 Teplonosné látky pro kapalinové solární soustavy

Teplonosné látky kolující v soustavách jsou k tomu, aby nám dopravily energii získanou z ohřátých solárních kolektorů k akumulacím zásobníkům. Těmito látkami jsou zpravidla vzduch (vzduchové solární systémy), kapalina (kapalinové solární systémy) nebo velmi vzácně pevné látky (sypký písek). Pro celoroční používání je nejideálnější látkou nemrznoucí kapalina, která ale musí splňovat několik nutných podmínek pro bezproblémový provoz.

Požadavky na vlastnosti teplonosné kapaliny

- nízký bod tuhnutí (nejlépe kolem -25 až -30 °C)
- dobré tepelně-fyzikální vlastnosti (tepelná kapacita, viskozita), co nejvíce podobné vodě
- nehořlavost
- ochrana proti korozi
- kompatibilita s těsnícími materiály
- ekologické aspekty (netoxická, biologicky rozložitelná)
- dlouhodobá stálost vlastností- teplotní odolnost
- rozumná cena

Typy teplonosných látek

Voda – je netoxická, nehořlavá a levná. Ideální z hlediska vysoké tepelné kapacity, tepelné vodivosti a nízké viskozity. Voda má bohužel nízký bod varu a vysoký bod tuhnutí, což ji předurčuje pro použití pouze v sezónních solárních soustavách s letním provozem.

Glykolové nemrznoucí směsi - mohou být dvojího druhu: směs etylenglykolu s vodou nebo propylenglykolu s vodou. Etylenglykol je velice toxická látka a tudíž je nutné, aby při jejím používání bylo dbáno na bezpečnost při použití a primární okruh musí být oddělen od pitné vody dvěma teplosměnnými plochami. Nyní je užití etylenglykolu na ústupu a je nahrazováno netoxickou směsí propylenglykolu s vodou a s potřebnými inhibitory koroze.

Alkoholy (metanol, etanol) se častěji než kolektory používají v primárních okruzích tepelných čerpadel s ohledem na nízký bod tuhnutí. Tepelná kapacita je výrazně nižší než vody (téměř o 40 %). Pro použití jako teplotnosných látek v okruzích solárních soustav je nevýhodný také nízký bod varu alkoholu (metanol 64 °C, etanol 78 °C). Využití etanolu v solární technice se omezuje převážně na technologie tepelných trubíc.

Silikonové oleje mají nízký bod tuhnutí a vysoký bod varu. Nejsou korozivní a mají vysokou životnost. Na druhou stranu se vyznačují vysokou viskozitou a nízkou tepelnou kapacitou (poloviční než u vody), což vede k vyšší spotřebě energie pro pohon oběhových čerpadel (vyšší průtok, vyšší tlakové ztráty). Silikonové oleje jsou vztlínivé a snadno unikají z uzavřeného okruhu mikroskopickými netěsnostmi. Jejich použití se omezuje pro vysokoteplotní aplikace a kolektory (koncentrační).

3 OSTATNÍ ZDROJE ENERGIE

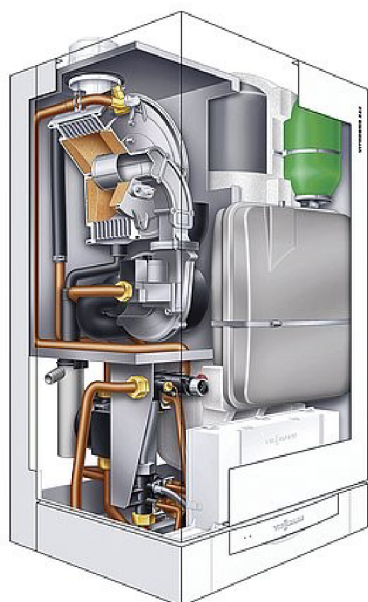
Při použití solárních systémů v domě je nutno počítat s potřebou dodávat teplo do domu i ve dnech s nízkou sluneční aktivitou nebo v měsících, kdy je venkovní teplota silně pod bodem mrazu. V těchto dnech je nízká účinnost systému, proto není možné použití monovalentních systémů založených pouze na energii slunce. Pro správnou funkci domu je potřeba použít bivalentní systém složený z energie ze solárních kolektorů a dalšího zařízení nezávislého na sluneční energii. Nejčastěji se používají lokální zdroje energie (pokud je v blízkosti teplárna), elektrické kotle (pokud je v dosahu plyn používáme spíše kotel plynový), krby, kotle na tuhá paliva, kotle na biopaliva nebo tepelná čerpadla.

3.1 Plynový a elektrický kotel

Plynové a elektrické kotle jsou většinou tou nejjednodušší variantou k topení a ohřevu vody. Mají velmi nízké počáteční náklady, které jsou kompenzovány dražším provozem. Kotle jsou automatické. Jejich regulace je prováděna prostřednictvím termostatu umístěného v domě.

3.1.1 Elektrický kotel

Elektrické kotle se používají zejména tam, kde není přístup plynu nebo z jakéhokoliv důvodu nemůžeme zajistit odsávání spalin z kotle. Nepoužívají se zejména kvůli vyšším měsíčním nákladům při relativně stejné pořizovací ceně.



Obr. 9: Řez plynovým kotlem
Vitodens 222-W [16]

3.1.2 Plynový kotel

Plynové kotle dokáží poměrně rychle vytopit celý dům, okamžitě ohřát vodu bez použití bojleru a pořizovací náklady jsou nízké. Kotle se prodávají v různých variantách. Dá se velice jednoduše pomocí výpočtů určit, který kotel by pro tento dům byl nejvhodnější. Plynové kotle a jejich příslušenství nejsou zvláště náročné na prostor. Hlavními nevýhodami těchto kotlů jsou jejich vysoké měsíční náklady, potřeba komínu pro odvod spalin z kotlů. Na tyto komíny existují vysoké požadavky jak z hlediska ochrany přírody tak vzhledem ke zvýšenému nebezpečí vzniku požáru. Všechny požadavky a předpisy o plynových kotlech a vyústění odtahů jsou popsány v normě ČSN 73 4201.

3.2 Krby a kotle na tuhá paliva nebo biopaliva

Tyto zařízení spalují převážně neobnovitelné zdroje energie a škodí životnímu prostředí. Relativní výjimku tvoří kotle na biopaliva nebo pelety, které jsou relativně ekologické a jako palivo je použit obnovitelný zdroj.

3.2.1 Kotle na tuhá paliva

Od užívání energií získaných z těchto zdrojů se již upouští z důvodu vysokých emisí, neautomatickému a poměrně drahému provozu. Tento systém je používán hojně na venkově ve starých domech a stát v letošním roce přislíbil snížení podílu těchto kotlů o 30%.

3.2.2 Kotle na biomasu

Biomasa využitelná k energetickým účelům se vyrábí ze záměrně pěstovaných rostlin nebo z odpadů zemědělské, potravinářské a lesní produkce. Biomasa se zpracovává podle obsahu vody hlavně spalováním nebo fermentací. Tyto kotle nejsou plně automatické a je nutný pravidelný zásah uživatele, vyznačují se vysokou účinností a rovnoměrným přísunem energie. Díky státním dotacím na pořízení těchto zařízení, se z kotlů na biomasu stal velice výhodný zdroj energie.

Tabulka 5: Klíčové vlastnosti kotlů na biomasu

Výhody	Nevýhody
tuzemský obnovitelný zdroj energie dobré vlastnosti kotlů státní dotace	tvořba spalin neautomatické kotle

3.2.3 Krby

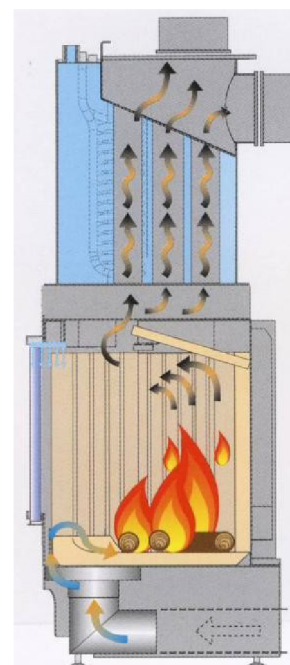
(Převzato z [14])

Krby jsou většinou instalovány do domu kvůli své estetice ale díky novým technologiím se dají krby použít jako plnohodnotný vytápěcí systém. Nové typy krbů – teplovodní krby - dokáží zužitkovat teplo, které bychom za normálních okolností nedokázali využít. Tyto krby ohřívají vodu v zásobníku umístěného na cestě teplých spalin, které proudí do komína (viz obr.10). Spaliny ohřívají stěny trubek, které vedou skrz zásobník a tyto trubky ihned ohřívají vodu kolem stěn.

Podle tabulky 6 lze vidět kolik je tento krb schopen vytvořit energie. Hlavní nevýhoda je neautomatickost tohoto zařízení a potřeba skladování dřeva k topení. Vzhledem k ceně, výkonu a vzhledu tohoto systému se však tyto menší nedostatky dají přehlédnout a tento systém je v praxi hojně používán.

Tabulka 6: Preference krbu [14]

Užitečný výkon	14,8 kW
Spotřeba dřeva	4,2 kg/h
Vytápěná plocha	až 140m ²
Obsah vody ve výměníku	55 litrů



Obr.10: Teplovodní krb [14]

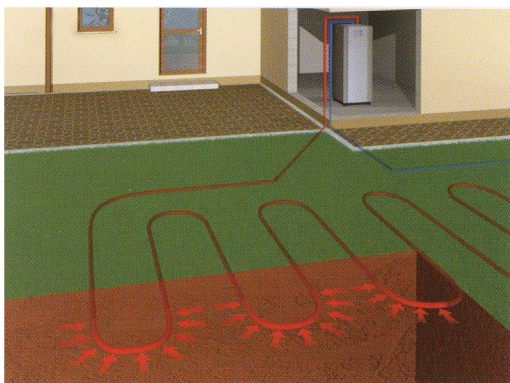
3.3 Tepelná čerpadla

Existuje mnoho způsobů, jak vyrobit energii z obnovitelných zdrojů pomocí tepelných čerpadel. Země, vzduch a voda obsahuje tzn. nízkopotenciální teplo. Nízkopotenciální teplo zahrnuje sluneční a geotermální energii (energie zemského jádra, radioaktivní rozpad uvnitř Země). Topný faktor je základním parametrem ukazujícím "účinnost" tepelného čerpadla. Vyjadřuje poměr mezi vyrobeným teplem a spotřebovanou elektrickou energií. Čím vyšší topný faktor, tím je provoz zařízení levnější.

Princip TČ popsal již v roce 1852 anglický fyzik lord William Thomson Kelvin. TČ umožňují odjímat teplo okolnímu prostředí a převádět jej na vyšší teplotní hladinu. O účinnosti a využitelnosti tepelné energie rozhoduje jejího množství a teplota látky, na kterou je tato energie vázána.

Primárními zdroji tepla pro využití energie prostředí a geotermální energie jsou :
„suché“ zemské teplo hornin (zemní vrty)
podzemní voda (vrty, studny...)
půdní vrstva (zemní kolektory)
vzduch (jakýkoliv vzduch má-li dostatečnou teplotu)

3.3.1 Kolektor-Voda



Obr. 11: Princip čerpadla [14]

Je vhodný pro domy s dostatečně velkým pozemkem pro kolektory které se instalují nejlépe před dokončením stavebních úprav na pozemku. Kolektory se instalují pod tzv. Zámraznou hloubku která se pohybuje okolo 80-120cm pod povrchem. Zámrazná hloubka, je individuální podle druhu zeminy a podnebí. Pod touto hloubkou se udržuje konstantní teplota po celý rok a to i při extrémních mrazech.

Ideální hloubka pro instalaci kolektorů je přibližně 180 cm. Do této hloubky vložíme plastové trubky, kterými protéká podchlazená nemrznoucí kapalina. Trubky odebírají svému okolí teplo

akumulované v zemi. Nedoporučuje se, aby nad touto plochou bylo cokoli stavěno, nebo instalováno což by vedlo zastínění plochy. Pomocí nemrznoucí kapaliny je teplo získané z akumulace energie půdy přiváděno do výparníku uvnitř vytápěné budovy. Ve výparníku předá nemrznoucí kapalina své teplo podchlazené kapalině, které je následně vedena do kompresoru TČ a tím jej zahřeje na teplotu okolo 70°C. Tímto procesem vznikají horké páry chladiva, které jsou vedeny potrubím do tepelného výměníku. Zde z kondenzují a své veškeré teplo předají kapalině cirkulující v podlahovém topení nebo v radiátorech.

Chladivo v kapalném stavu je následně pod velkým tlakem vstřikováno do výparníku TČ, kde probíhá za současné ztráty tlaku a teploty chladiva změna skupenství z kapalně na plynné.

Chladivo se začne ve výparníku odpařovat vlivem energie získané z nemrznoucí směsí proudící přes výparník do plošných kolektorů na zahradě a odebírá jeho teplo. Nemrznoucí kapalina předá veškeré své teplo získané v plošných kolektorech chladivu a podchlazené proudí zpátky do kolektorů. Celý cyklus se opakuje.

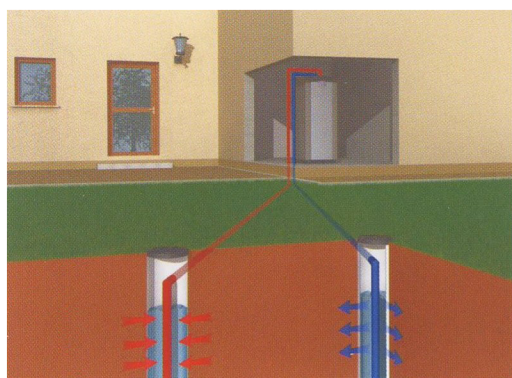
Při velmi nízkých venkovních teplotách není tento systém dostačující pro vytápění, a proto je zapotřebí připojit záložní kotel na plyn nebo elektřinu. Poté kotel pomáhá předeřhřívát kapalinu proudící do koncového topného zařízení (radiátor apod.).

Tabulka 7: Klíčové vlastnosti čerpadla Kolektor- voda [13]

Výhody	Nevýhody
stabilní výkon dlouhá životnost žádná viditelná zařízení na povrchu pozemku	nutný velký pozemek pro plošný kolektor volná plocha nad kolektory musí být navržen a postaven opravdu profesionálem

3.3.2 Vrt-Voda

Je vhodný převážně tam, kde není dostatečný prostor pro zemní kolektory. Vrty se mohou hloubit i pod základy domu. Před stavbou je ale nutné provést geologické rozbory půdy.



Obr. 12: Princip čerpadla [14]

podklady, podle nichž dokáží určit přesnou hloubku, počet a rozmístění vrtů.

Princip funkce je totožný se systémem kolektor-voda. Tento systém je nevhodný pro domy s větší tepelnou ztrátou, vyplatí se pouze pro pasivní domy. Pro příklad: zařízení pro dům s tepelnou ztrátou 12kW stojí okolo 350tis. Kč.

Jedná se o nejpoužívanější systém v praxi. Jeho výhodou je vynikající průměrný roční topný faktor fakticky nezávislý na teplotě okolí. Vrty jsou hluboké 50 – 150 m s minimální roztečí 10m od sebe, aby nedocházelo k vzájemnému ovlivňování. Pro příklad TČ o výkonu 10kW vyžaduje dva vrty o hloubce 70m nebo jeden o hloubce 140. V praxi se počítá, že na 1kW výkonu je potřeba 12 až 18 m hloubky vrtu (podle geologických podmínek).

Obvykle se vrtá kladivem o průměru 130mm bez pažení. Polyethylenová hadice se do vrtu zasune ihned po vyvrtání. Hadice se obsype pískem nebo vyvrtanou zeminou. Dodavatelé mají obvykle kvalitní projekční

Tabulka 8: Klíčové vlastnosti čerpadla Vrt-voda [13]

Výhody:	Nevýhody:
stabilní výkon absolutně nezávislý na teplotě dlouhá životnost žádný rušivý prvek na zahradě	vyšší cena nutné povolení na vodohospodářském úřadě musí být navržen a postaven opravdu profesionálem

4 POLOHA POZEMKU A SPECIFIKACE BUDOVY

Pro konkrétní výpočet a úvahu o jakémkoliv alternativním zdroji energie je důležité si předem definovat hodnoty, na kterých se bude stavět. V našem případě se jedná o konkrétní pozemek určený k výstavbě rodinného domu. Následně určíme parametry konkrétního domu, jeho tepelné ztráty a energetickou potřebu.

4.1 Poloha pozemku

Pozemek uvažovaný pro stavbu domu je umístěn 9 km východně od krajského města Olomouce ve městě Velká Bystřice. Pozemek má rozlohu bezmála 1000 m², nachází se v mírném svahu a je orientován na sever po svahu. Avšak při stavbě domu bychom počítali s tímto faktem a hlavní část domu umístíme jižním směrem do protisvahu a zkosíme střechu tak, abychom získal dostatečně velkou plochu orientovanou na jih. Jižním směrem asi 10m od hranice pozemku je postaven menší rodinný dům (na mapě ještě nelze vidět) a několik stromů, při bližším pohledu zjistíme, že žádný z těchto objektů nebude při dimenzování soustavy překážet či stínit. Na hranici pozemku jsou vyvedeny všechny inženýrské sítě – voda, elektřina, plyn a kanalizace.



Obr. 13: Poloha pozemku, mapy převzaty od společnosti [17]

4.2 Nízkoenergetický dům

Pro funkčnost celého systému je zapotřebí mít vhodný dům, zejména kompletně zateplený, nízkoenergetický nebo pasivní dům. Domek bez zateplení by ztratil více energie než, kterou by byl schopen vyrobit. Nově stavěné domy lze jednoduše rozdělit do 5. skupin podle roční ztrátovosti energie na ploše 1m² podle tabulky 9 :

Tabulka 9: Škála energetické náročnosti domů (pouze energie na vytápění). [18]

kategorie	potřeba energie na vytápění
	[kWh/(m ² a)]
nulové domy	< 5
pasivní domy	< 15
nízkoenergetický domy	< 50
obvyklá novostavba	80 – 140
starší výstavba	často dvojnásobek hodnot pro obvyklé novostavby a více

4.2.1 Uvažovaný rodinný dům

(Převzato z [8])

Posuzovaným domem je rodinný dům dvoupodlažní a nepodsklepený. Obvodové zdivo je z cihlových kvádrů Porotherm tloušťky 44 cm, je opatřeno vápeno-cementovou omítkou tloušťky 10 mm. Jako tepelná izolace pro obvodové zdivo garáže tloušťky 25 cm bude použit polystyren o tloušťce 10 cm. Vnitřní nosné zdi jsou tvořeny z cihlových kvádrů Porotherm tloušťky 24 cm. Ostatní vnitřní zdi jsou tvořeny spojením sádkokartonu a příček Porotherm tloušťky 10 cm. Střecha je sedlová, tepelně izolovaná se sklonem 30°. Střešní krytinu tvoří betonové tašky. Okna jsou zasklena dvojsklem, vnitřní dveře jsou bez prahů. Kompletní nákresy domku jsou přiloženy v kapitole 9.



Obr. 14: Posuzovaný domek pohled čelní [8]

Hodnoty součinitele prostupu tepla prvků stavební konstrukce jsou nižší než hodnoty doporučené v normě ČSN 73 05 40.

- obvodové zdivo $U_k = 0,37$ [W/m².K] (Porotherm 44 P+D)
- obvodové zdivo $U_k = 0,30$ [W/m².K] (Porotherm 24 P+D)
- podlaha 1.N.P. $U_k = 0,53$ [W/m².K]
- střecha $U_k = 0,16$ [W/m².K]
- okna $U_k = 1,60$ [W/m².K]
- dveře $U_k = 2,60$ [W/m².K]

Tepelné ztráty objektu jsou stanoveny podle normy ČSN EN 12 831 pro venkovní oblastní výpočtovou teplotu $q_e = -12$ °C a roční průměrnou teplotu $q_{m,e} = 4,3$ °C

Tabulka 10: Potřeba tepla na vytápění v jednotlivých místnostech [8]

Název	Vnitřní teplota t_i	Celkový tepelný výkon Φ_{HLi} [W]
	[°C]	
Zádvěří	20	410
Hala + Šatna	20	100
Kotelna	20	480
WC	20	80
Hostinský pokoj	20	710
Koupelna	24	350
Kuchyňský kout + Jídlna	20	710
Obývací pokoj	20	960
Garáž	-	0
Chodba	20	120
Domácí práce	20	220
Ložnice	20	590
Ložnice	20	590
Ložnice	20	450
Ložnice	20	620
Koupelna	24	500
Půda	-	0

5 VÝPOČET POTŘEBY ENERGIE PRO DŮM

(Převzato z [8])

V následující kapitole budou teoreticky vysvětleny základní vzorce, které jsou potřebné pro výpočet návratností bivalentních soustav. Důležité je navrhnout soustavu v závislosti na tepelných ztrátách domu, velikosti a počtu obyvatel domu.

5.1 Potřeba tepla na přípravu teplé vody

Nejefektivnější způsobem zužitkování solárních systémů je ohřev teplé vody označovaný jako primární cyklus. Pro vytápění domu bude použita pouze zbytková část energie, která je přebytečná z ohřevu vody. Pro efektivní a rovnoměrný přísun teplé vody během roku je nutné před vytvořením návrhu a samotnou instalací provést několik úsporných opatření :

- užití úsporných výtokových armatur,
- omezení délky rozvodů teplé vody,
- omezením tepelných ztrát rozvodů teplé vody a cirkulace,
- omezení běhu cirkulace na nezbytně nutnou dobu,
- u dlouhých a rozvětvených tras rozvodů teplé vody a cirkulace je nutné hydraulické vyvážení.

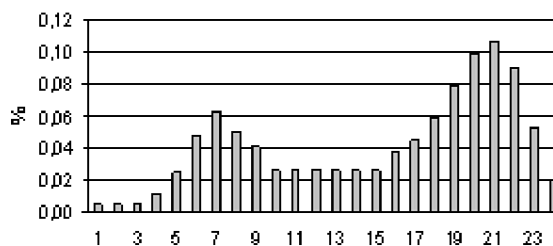
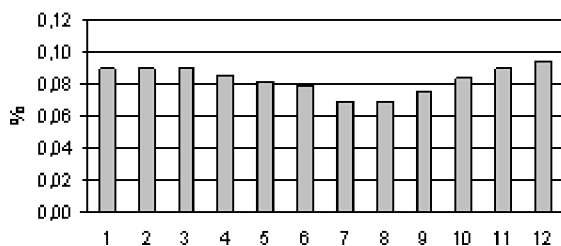
Spotřeba teplé vody

Při dimenzaci je potřeba vycházet z reálných hodnot, které lze získat u stávajících budov dlouhodobým měřením. Ideální je měření alespoň po dobu jednoho roku, v případě nedostatku času je dostačující i několik celodenních měření příložnými průtokoměry na patě objektu.

U novostaveb, kde nejsou k dispozici reálná data, nezbyvá než použít s velkou opatrností směrných hodnot z literatury, podle normy ČSN 06 0320. Standardizované hodnoty uvedené v normě jsou určeny pro návrh zdroje teplé vody a její bezpečné zajištění v daném objektu. Orientačně jsou níže uvedeny hodnoty pro typické aplikace podle uvedené normy:

- bytové objekty: potřeba teplé vody **82 l/os.den** (60 / 15 °C) odpovídající denní potřebě tepla $Q_{TV} = 4,3 \text{ kWh/os.den}$
- administrativa: potřeba teplé vody **25 l/os.den** (60 / 15 °C) odpovídající denní potřebě tepla $Q_{TV} = 1,3 \text{ kWh/os.den}$

Tyto hodnoty však musí být interpretovány s jistou rezervou neboť každý obyvatel domu má jiné nároky na spotřebu TUV a tudíž je nutno přihlídnout k individuálním požadavkům jedince. Pro návrh je také důležitý roční profil spotřeby teplé vody (obrázek vlevo). V zimě je nedostatek a v létě zase přebytek energie. Důležitá je také denní spotřeba vody (obrázek vpravo).



Denní potřeba tepla na přípravu teplé vody Q_{pc} [kWh/den] se stanoví z kalorimetrické rovnice [8]

$$Q_{pc} = (1+p) \cdot Q_{TV} = (1+p) \frac{V \cdot \rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{3,6 \cdot 10^6} \quad (1)$$

kde V [m³/den] je průměrná denní potřeba teplé vody v objektu, ρ [kg/m³] je hustota vody, c [J/kg.K] je měrná tepelná kapacita vody, t_2 [°C] je požadovaná teplota teplé vody a t_1 [°C] je teplota studené vody. P [%] jsou tepelné ztráty u solárních soustav pro přípravu teplé vody, volí se v rozsahu od 5 do 15 %.

5.2 Stanovení plochy kolektorů pro přípravu teplé vody

Solární soustavy pro celoroční přípravu teplé vody v rodinných domech se dimenzují pouze na měsíce duben a září. Střední teplota teplotnosné látky v kolektoru se volí $t_m = 40$ °C což je zhruba průměrná teplota zásobníku během celého roku. Objem zásobníku se navrhuje zhruba 1,5x až 2x větší než je denní potřeba teplé vody. Plocha potřebná k ideálnímu ohřevu vody se stanoví na základě obecného schématu : [8]

$$A_k = \frac{(1+p) \cdot Q_p}{\eta_k \cdot H_{T,den}} = \frac{(1+p) \cdot Q_{TV}}{q_{k,den}} \quad (2)$$

Tato hodnota stanovuje potřebnou plochu k dostatečnému ohřátí vody pro měsíc duben a září. V létě vznikají přebytky energie, které mohou být použity různými způsoby například pro ohřev vody do bazénu nebo pro sušení palivového dříví.

Při špatné volbě velikost kolektorů by v předdimenzované solární soustavě mohlo dojít k provozním problémům během letního období, jako je přehřátí teplotnosné látky. Látka by se mohla dostat až k bod varu. Následný var této látky by zapříčinil pronikání par do rozvodů. Tento jev je velice nebezpečný a může vést až k prasknutí kolektorů nebo k porušení vedení. Naopak, při poddimenzované soustavě, dochází ke snížení maximálního možného zisku z kolektorů q_k [kWh/m² rok] nebo k neúplnému pokrytí potřeby domácnosti. Dostatečná plocha kolektorů je potřebná i v letních měsících, kdy není jasno a k ohřátí teplotnosné látky je zapotřebí difuzní teplo.

5.3 Potřeba tepla na vytápění

(Převzato z [2,8])

Ohřev TUV přes solární panely je sice užitečný, ale jeho plné využití je nedostačující proto je vhodné doplnit tento systém ještě o okruh pro vytápění. Po zvážení výsledků z (1,2) a k nim přičtených výsledků zjištěných v (3) se zjistí potřebné teplo k vytápění a ohřevu vody. Zjednodušený výpočet pro potřebu tepla na vytápění vychází z (1,2) :

$$Q_{VYT} = 24 \cdot \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot Q_z \cdot \frac{(t_{iv} - t_{ev})}{(t_{iv} - t_{ev})} \quad (3)$$

kde Q_z [kW] je výpočtová tepelná ztráta objektu stanovená pro výpočtovou (jmenovitou) teplotu venkovního vzduchu t_{ev} [°C] a teplota vnitřního vzduchu t_{iv} [°C]. Pro obecný vztah aplikovatelný na jakýkoliv den je nutné znát průměrnou denní vnitřní teplotu t_{iv} [°C] pro daný den a průměrnou denní venkovní teplotu t_{ev} [°C]. Korekční součinitel ε [-] zahrnuje ostatní vlivy způsobené větráním, postupem tepla a dalších vlivů. Součinitel η_o [-] vyjadřuje účinnost, součinitel η_r [-] je účinnost rozvodu vytápění (závisí na tepelných ztrátách rozvodů tepla).

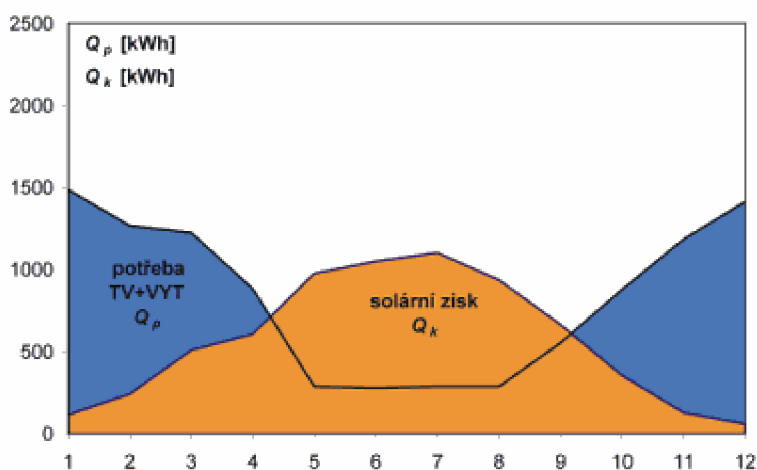
Pro přesný a kompletní výpočet lze použít výpočetní vztahy z normy ČSN EN 832 [7], ve kterých jsou zahrnuty solární zisky oken, vnitřní tepelné zisky (energie lidského těla, vaření...) a akumulace tepla.

5.4 Stanovení plochy kolektorů pro přípravu TUV a vytápění

Potřebná plocha je zjištěna z následujícího vztahu. Přičemž uvažujeme okrajové měsíce – Duben a Zář. Obecný vzorec pro výpočet plochy kolektorů vypadá takto :

$$A_k = \frac{(1+p) \cdot Q_p}{\eta_k \cdot H_{T,den}} = \frac{(1+p)(Q_{TV+VYT})}{q_{k,den}} \quad (4)$$

kde η_k [-] je účinnost solárních kolektorů a $H_{T,den}$ [kWh/m²] je denní dávka slunečního ozáření. Tyto hodnoty se stanoví z obecných vztahů [6]. Tepelné ztráty solární soustavy p se uvažují okolo 5 %.



Graf 2 : Průběhy energie [8]

Graf 2 znázorňuje průběh energie potřebné k vytápění a ohřevu TUV (modrý diagram) a celkový zisk ze sluneční energie (oranžový diagram) energie je v kWh závislá na měsících. Teoretickou roční úsporu lze zjistit jako celková plocha pod průsečíkem obou křivek.

5.5 Konkrétní výpočet pro dům

Dům a celý jeho tepelný výkon byl zpracován v kapitole 4.2.1. Pomocí vzorců definovaných výše a pomocí výpočtového programu Mathcad 14 byly zjištěny následující hodnoty :

Celková tepelná ztráta objektu: 6,9 [kW]

Roční potřeba tepla pro vytápění: 19 472 [kWh/rok]

Roční potřeba tepla pro přípravu TV (4 osoby): 5856 [kWh/rok]

Celková roční potřeba tepla: $=((19\ 274 + 5856) / 0,92) = 27\ 550$ [kWh/rok]

6 VÝPOČET BIVALENTNÍHO SYSTÉMU

(Veškeré výpočty jsou převzaty z [2,8,12])

V této kapitole budou vypočteny energetické návratnosti investic do solárních panelů ve spojení s některým dalším zařízením. Jak již bylo řečeno solární panel může fungovat jen v tzv. bivalentní soustavě, tudíž je zapotřebí ještě nějaký další energetický zdroj. V následujících kapitolách budou propočítávány tyto kombinace :

- Solární panely + Plynový kotel
- Solární panely + Peletový kotel
- Solární panely + Tepelné čerpadlo (Kolektor – voda)

Jiné systémy uvedené se většinou nehodí. Elektrický kotel nebyl zvolen z důvodu dražšího provozu než je u plynového. Peletový kotel nebyl zvolen zejména kvůli jeho vysoké účinnosti, která se pohybuje okolo 85 %, z důvodu obnovitelnosti paliva a v neposlední řadě možnosti využití státní dotace 50 % až do částky 50 tis.Kč. Jako třetí varianta bylo uvažováno použití tepelného čerpadla. Pro tyto systémy jsou nutné vysoké počáteční investice, ale mají velmi nízké provozní náklady. Byl zvolen systém kolektor-voda z důvodu velikosti pozemku, ceny a nemožnosti vytvoření vrtů z důvodů lokalizace pozemku v blízkosti břidličného lomu.

6.1 Volba solárního systému

Nejprve je nutné spočítat celkovou potřebnou plochu solárních kolektorů. K tomuto účelu existují přesné tabulky a výpočty. Z těchto údajů lze navrhnout vhodnou variantu pro náš dům. Po konzultaci se zástupcem firmy UNEG0 byl zvolen trubcový vakuový kolektor - VAK 52 - T - VS - 10 / 0,9 m² řazen hydraulicky za sebou v počtu 8 nebo 12 kolektorů. V následující kapitole budou propočítávány obě varianty.

Tabulka 11: Technická data kolektoru VAK 52 [13]

Rozměry (šířka x délka x výška)	640 x 2250 x 120 mm
Absorpční plocha	0,99 m ²
Hmotnost	34 kg
Obsah náplně	0,4 l
Maximální pracovní přetlak	6 Bar
Připojovací rozměry	šroubení 3/4"
Rám kolektoru	samonosný rám v nerezovém provedení, práškový černý lak
Izolace absorberu	vakuum min.10 ⁻³ Pa
Vakuová trubice	sklo Ø 52 x 1,8 mm, 10 ks
Absorber	Cu plech, vysoce selektivní vrstva - TiNOX
Energetický zisk	650 - 900 kWh/m ² za rok

Pro 8 kolektorů

Teoretický energetický zisk

$$E_{ct} = k_{kol} \cdot E_k \cdot S_{abs} = 8 \cdot (650 \text{ až } 900) \cdot 0,99 = 5148 \text{ až } 7128 \text{ kWh/rok} \quad (5)$$

kde E_{ct} – celkový teoretický zisk ze všech kolektorů [kWh/rok]
 k_{kol} – počet instalovaných kolektorů [-]
 E_k – energetický zisk z jednoho kolektoru [kWh/m²/rok]
 S_{abs} – absorpční plocha kolektoru [m²]

podle Grafu 2 je patrné, že v létě nebude velká část energie získané v průběhu letních měsíců spotřebována. Ze zkušeností s instalací těchto typů kolektorů lze odvodit přibližnou hodnotu využití celkové energie z teoretického zisku, což je asi 60 %. Při použití více kolektorů se sice zvýší počáteční cena, ale také se nám zvýší tento koeficient na hodnotu 75 %, protože dojde ke zvýšení využití difuzního tepla během celého roku.

Reálný energetický zisk

$$E_c = E_{ct} \cdot f_{zk} = (5148 \text{ až } 7128) \cdot 0,75 = 3861 \text{ až } 5346 \text{ kWh/rok} \quad (6)$$

kde E_c – celkový reálný zisk ze všech kolektorů [kWh/rok]
 E_{ct} – celkový teoretický zisk ze všech kolektorů [kWh/rok]
 f_{zk} – koeficient praktické využitelnosti energie [-]

Z této hodnoty se stanovuje přibližný střed což je asi 4600 kWh/rok. Celková energetická spotřeba celého domu se tedy pohybuje okolo 27 550 kWh/rok. Z čehož vyplývá, že bivalentní systém bude muset mít výkon alespoň 23 000 kWh/rok.

Celkové počáteční pořizovací náklady na solární kolektory u společnosti UNEGO jsou 220 000 Kč, po odečtení státních dotací na solární systémy, jež činí 50% z celkové investice, maximálně však 65 000,- Kč pro fyzické osoby. Celková počáteční investice vychází na 155 000 Kč.

Pro 12 kolektorů

Teoretický energetický zisk (podle rovnice (5))

$$E_{ct} = k_{kol} \cdot E_k \cdot S_{abs} = 12 \cdot (650 \text{ až } 900) \cdot 0,99 = 7\,722 \text{ až } 10\,692 \text{ kWh/rok} \quad (7)$$

Reálný energetický zisk (podle rovnice (6))

$$E_c = E_{ct} \cdot f_{zk} = (7\,722 \text{ až } 10\,692) \cdot 0,75 = 5\,791,5 \text{ až } 8\,221,5 \text{ kWh/rok} \quad (8)$$

Z této hodnoty se stanovuje přibližný střed což je asi 7000kWh/rok. Celková energetická spotřeba celého domu se pohybuje okolo 27 550 kWh/rok, to znamená, že bivalentní systém bude muset mít výkon alespoň 20 550 kWh/rok.

Celkové počáteční pořizovací náklady na solární kolektory u společnosti UNEGO jsou 280 000 Kč, po odečtení státních dotací na solární systémy, jež činí 50% z celkové investice, maximálně však 65 000,- Kč pro fyzické osoby. Celková počáteční investice vychází na 215 000 Kč.

6.2 Solární panely + Plynový kotel

Celková ztráty objektu jsou 6,9 kW. Tato hodnota určuje výběr plynového kotle, který je zvolen pro celkové pokrytí ztrát, zamezení výpadku při nízké sluneční aktivitě nebo při velmi nízkých teplotách. Byl zvolen kotel o výkonu od 5,2 až 26,0 kW, Kotel firmy Viessmann Vitodens 333-f typ WR3C. Tento plynový kondenzační kotel zajistí spolehlivou výrobu tepla pro celou domácnost. U tohoto kotle se udává účinnost 109 %, protože využívá nejen výhřevnost paliva, ale také část kondenzačního tepla páry obsažené ve spalinách. Spotřeba plynu je díky tomu 15 až 30 % snižena. Kotel s vyšším výkonem byl zvolen z důvodů možnosti libovolné regulace, jelikož kotel nebude pracovat celý den, ale pouze v nárazových intervalech. Díky maximálnímu výkonu nebude muset nikdy pracovat na 100 %, tím zvýšíme životnost tohoto kotle a nedojde k propálení jeho funkčních částí. Počáteční cena kotle je 94 tis.Kč, veškeré další příslušenství a montáž budou stát okolo 50tis.Kč. Celková cena tohoto systému je odhadnuta na 150 000 Kč

Celkové roční náklady na provoz plynového kotle bez solárního systému

$$(\text{potřebné teplo [kWh]} \cdot \text{cena plynu [Kč]}) + (\text{Stálý měsíční plat [Kč]} \cdot 12 \text{ měsíců}) = \\ (27\,550 \cdot 1,6866) + (138,88 \cdot 12) = 46\,465,83 + 1\,666,56 = \underline{48\,200 \text{ Kč/rok}}$$

Celkové roční náklady na provoz plynového kotle s 8-mi kolektorovým solárním systémem

$$(\text{potřebné teplo [kWh]} \cdot \text{cena plynu [Kč]}) + (\text{Stálý měsíční plat [Kč]} \cdot 12 \text{ měsíců}) = \\ = (23\,000 \cdot 1,6866) + (138,88 \cdot 12) = 38\,791,8 + 1\,666,56 = \underline{40\,500 \text{ Kč/rok}}$$

Celkové roční náklady na provoz plynového kotle s 12-ti kolektorovým solárním systémem

$$(\text{potřebné teplo [kWh]} \cdot \text{cena plynu [Kč]}) + (\text{Stálý měsíční plat [Kč]} \cdot 12 \text{ měsíců}) = \\ = (20\,550 \cdot 1,6866) + (138,88 \cdot 12) = 34\,659,63 + 1\,666,56 = \underline{36\,300 \text{ Kč/rok}}$$

S 8-mi kolektorový solární systéme ročně ušetří

$$48\,200 - 40\,500 = \underline{7\,700 \text{ Kč/rok}}$$

Reálná návratnost solárního systému je tedy 20 let

S 12-ti kolektorový solární systém ročně ušetří

$$48\,200 - 36\,300 = \underline{11\,870 \text{ Kč/rok}}$$

Reálná návratnost solárního systému je tedy 18 let

6.3 Solární panely + Pelety

Automatický kotel na pelety je jedním z nejlepších řešení, které může současný trh nabídnout. Je to nejlepší kompromis mezi cenou, provozními náklady a relativně jednoduchou obsluhou (stačí jednou za čas naplnit zásobník na pelety). Hlavní nevýhodou těchto zařízení je nutnost její kombinace s jinými systémy pro ohřev TUV. Z toho důvodu se přidává elektrický zásobník vody. Byl zvolen kotel Monoflame 25 s regulovatelným výkonem 3,5 kW až 24,6 kW. Celkové náklady na pořízení tohoto systému jsou podle firmy ESPOKO 250 000 Kč, ale díky státní dotaci ve výši 50 000 Kč klesne tato cena na 200 000 Kč.

Pro výpočet ceny elektřiny byla uvažována cena 2,3Kč/kWh

Celkové roční náklady na provoz peletového kotle bez solárního systému

$$= (\text{potřebné teplo na vytápění [kWh]} \cdot \text{cena 1 kW pelet[Kč]}) + (\text{potřebné teplo na ohřev TUV [kWh]} \cdot \text{cena elektřiny [Kč]}) = (20\,800 \cdot 0,7) + (6\,365 \cdot 2,3) = 14\,560 + 14\,640 = \underline{29\,200 \text{ Kč/rok}}$$

Celkové roční náklady na provoz peletového kotle s použitím 8-mi kolektorového solárního systému (při tomto systému se zapojí hlavní okruh pouze na ohřev TUV)

$$= (\text{potřebné teplo na vytápění [kWh]} \cdot \text{cena 1 kW pelet[Kč]}) + ((\text{potřebné teplo na ohřev TUV [kWh]} - \text{teplo získané ze solárních kolektorů [kWh]}) \cdot \text{cena elektřiny [Kč]}) =$$

$$= (20\,800 \cdot 0,7) + ((6\,365 - 4\,600) \cdot 2,3) = 14\,560 + 4060 = \underline{18\,620 \text{ Kč/rok}}$$

Celkové roční náklady na provoz peletového kotle s použitím 12-ti kolektorového solárního systému (při tomto systému se zapojí hlavní okruh na ohřev TUV, zbytkové teplo bude použito pro vytápění)

$$= (\text{potřebné teplo na vytápění [kWh]} - \text{solární energie [kWh]}) \cdot \text{cena 1 kW pelet[Kč]} +$$

$$+ ((\text{potřebné teplo na ohřev TUV [kWh]} - \text{teplo získané ze solárních kolektorů [kWh]}) \cdot \text{cena elektřiny [Kč]}) =$$

$$= ((20\,800 - 635) \cdot 0,7) + ((6\,365 - 6\,365) \cdot 2,3) = 14\,115 + 0 = \underline{14\,115 \text{ Kč/rok}}$$

S 8-mi kolektorový solární systém ročně ušetří

$$29\,200 - 18\,620 = \underline{10\,580 \text{ Kč/rok}}$$

Reálná návratnost solárního systému je tedy 14,5 let

S 12-ti kolektorový solární systéme ročně ušetří

$$29\,200 - 14\,115 = \underline{15\,085 \text{ Kč/rok}}$$

Reálná návratnost solárního systému je tedy 14 let

6.4 Solární panely + Tepelné čerpadlo (Kolektor – voda)

Tepelné čerpadlo je vzhledem k počátečním nákladům nejdražší variantou, ale při instalaci do novostavby a cenám energií se rychle naše investice vrátí. Volím TČ kolektor-voda od společnosti PZP typ HP3BW 07 s výkonem 7,1 kW, jeho parametry jsou v tabulce 12. Celkové investice do tohoto systému včetně montáže a veškerého příslušenství je 450 000 Kč. Na tepelná čerpadla lze získat 30 % státní dotaci v maximální výši 75 tis.Kč. Celková cena tepelného čerpadla je tedy 375 000 Kč.

Tabulka 12: Parametry TČ od firmy PZP [14]

Teplota te [°C]	Výkon TČ [W]	Příkon TČ [W]	Topný faktor [-]
-15	3400	1900	1,8
-7	4300	2000	2,1
0	5300	2100	2,4
5	6000	2200	2,6
15	7100	2200	3,2

Celkové roční náklady na provoz TČ bez solárního systému

$$= (\text{potřebná energie na oběh čerpadel pro vytápění a ohřev TV [kWh]} \cdot \text{cena 1 kW [Kč]}) =$$

$$(6838 \cdot 2,3) = \underline{15\,727 \text{ Kč/rok}}$$

Celkové roční náklady na provoz TČ s použitím 8-mi kolektorového solárního systému

$$= (\text{potřebná energie na oběh čerpadel pro vytápění a ohřev TV [kWh]}) - \text{teplo ušetřené solárním}$$

systémem [kWh]) · cena 1 kW TČ [Kč] = (6838 - 1709) · 2,3 = 11 796 Kč/rok

Celkové roční náklady na provoz TČ s použitím 12-ti kolektorového solárního systému

= (potřebná energie na oběh čerpadel pro vytápění a ohřev TV [kWh]] – teplo ušetřené solárním systémem [kWh]) · cena 1 kW TČ [Kč] = (6838 - 2735) · 2,3 = 9437 Kč/rok

S 8-mi kolektorový solární systém ročně ušetří

15 727 – 11 796 = 3931 Kč/rok

Reálná návratnost solárního systému je tedy asi 40 let

S 12-ti kolektorový solární systém ročně ušetří

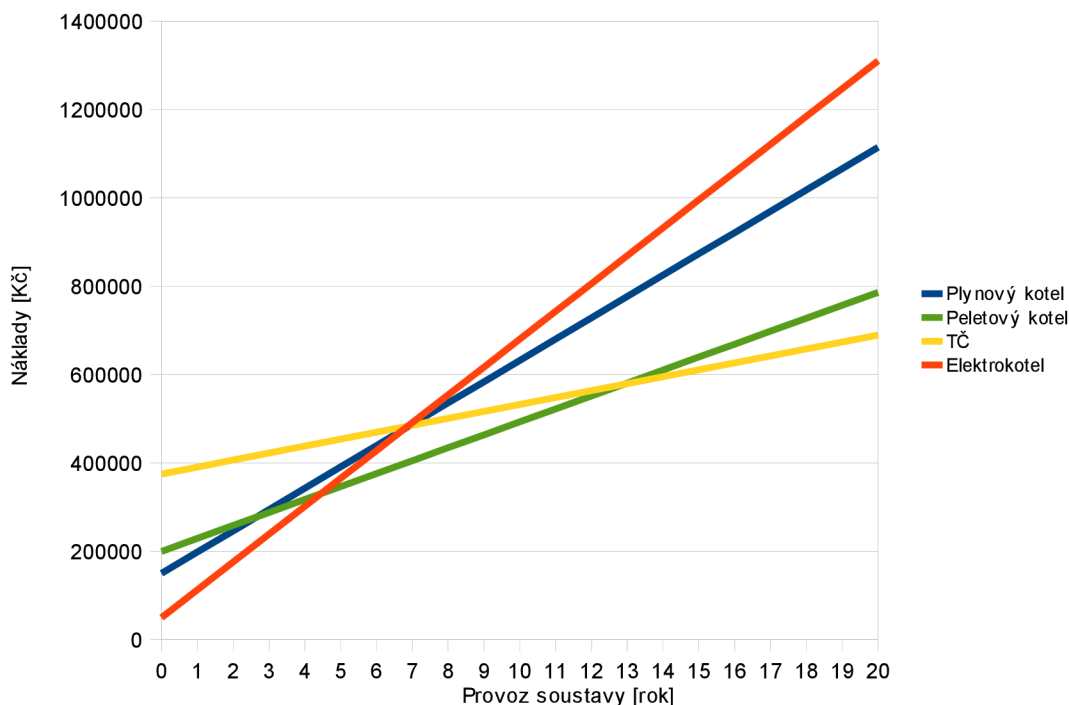
15 727 – 9437 = 6290 Kč/rok

Reálná návratnost solárního systému je tedy 35 let

6.5 Porovnání celkových nákladů

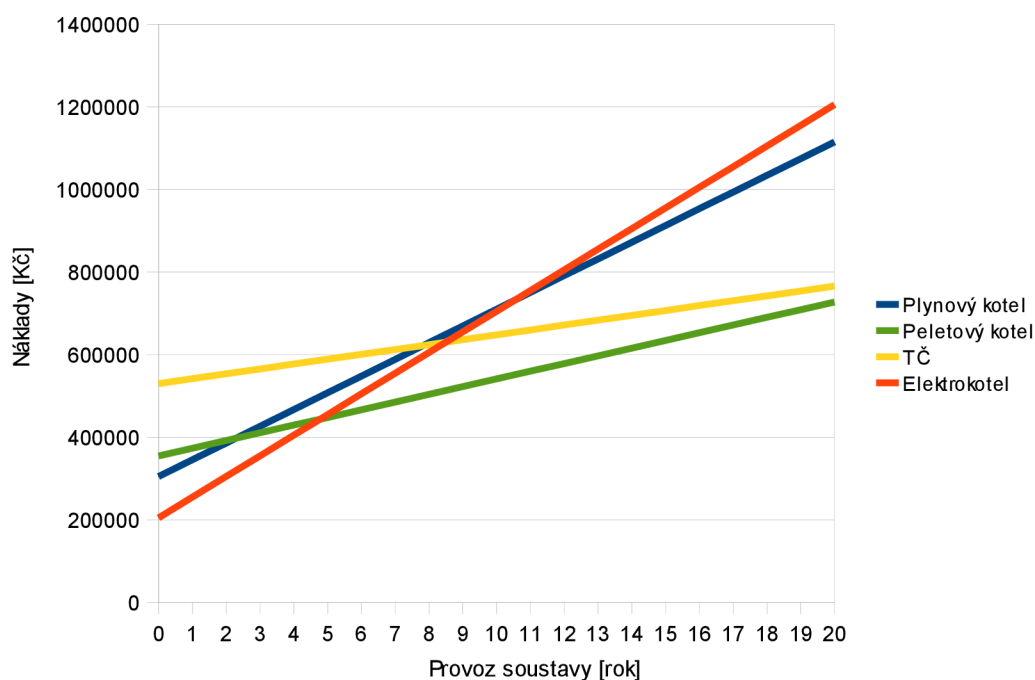
Veškeré náklady na pořízení celého systému a měsíční náklady lze vypočítat pomocí programu Calc. Tyto hodnoty byly zpracovány do tabulky a dvou grafů. První graf znázorňuje celkové náklady na soustavy bez použití solárního systému a druhý s použitím solárního systému. Do grafu byl započítán i elektrokotel a jeho hodnoty byly převzaty z [8].

Graf celkových nákladů bez použití solárního systému

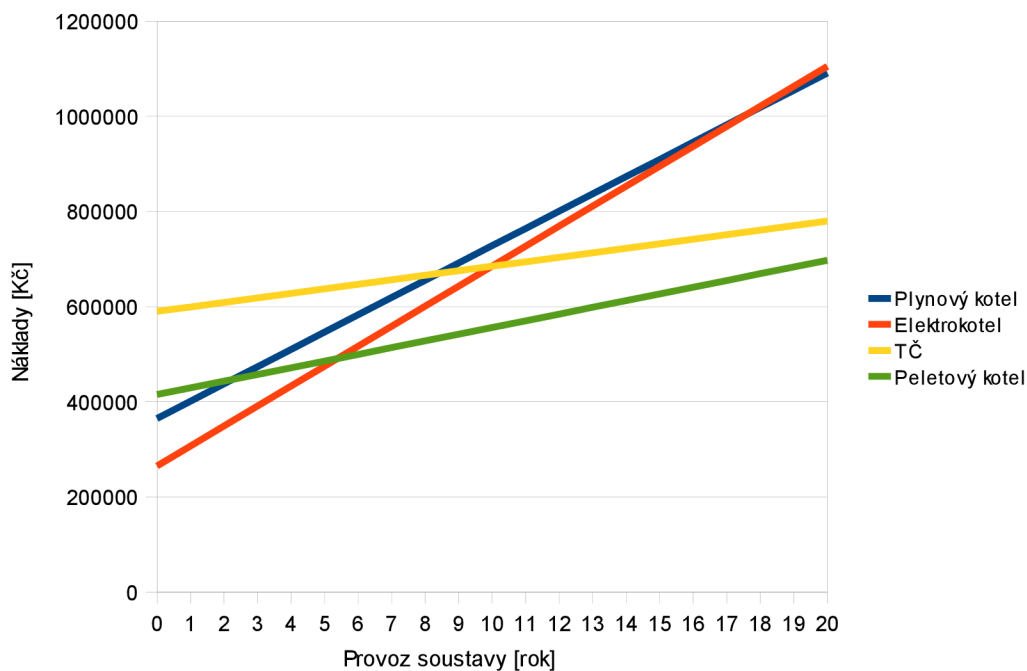


Graf 3 : Celkové náklady v soustav bez solárního systému

Graf celkových nákladů s použitím 8-mi kolektorového solárního systému



Graf celkových nákladů s použitím 12-ti kolektorového solárního systému



7 ZÁVĚR

Obnovitelné zdroje energie jsou jedny z nejdiskutovanějších témat moderní doby, zejména díky neustálému zvyšování provozních nákladů a ztenčování zásob fosilních paliv. Tato práce poukazuje na ekonomickou výhodnost užití obnovitelných zdrojů energií.

Existuje mnoho způsobů pro využití obnovitelných zdrojů energie, přičemž sluneční energie se z dlouhodobého hlediska zdá být nejperspektivnější pro použití v domácnostech. Tyto systémy musíme chápat jako investici do budoucna jejíž návratnost je nejméně 15 let. Ovšem vzhledem k neustálému zvyšování cen energií lze předpokládat i kratší dobu návratnosti.

Z výpočtů a grafů lze jednoduše odvodit jak je který systém výhodný. Z mých výpočtů pro dané soustavy vychází nejlépe systémy tepelných čerpadel a peletových kotlů. Avšak z důvodů nestálých cen energie, nižších počátečních investic a možnosti výroby peletových granulí pomocí vlastních zdrojů, bych pro výstavbu domu doporučil systém peletového kotle a 12-ti solárních kolektorů. Jak lze vidět v tabulce 13 a v grafech (3,4,5), je tento systém dlouhodobě nejvýhodnější.

Tabulka 13: celkové náklady na nákup a provoz systémů za 20 let

	Plynový kotel	Elektrokotel	Peletový kotel	TČ
bez Sol.Kol	1 114 000 Kč	1 310 000 Kč	786 000 Kč	689 540 Kč
8-mi kol	1 115 000 Kč	1 205 000 Kč	727 400 Kč	765 920 Kč
12-ti kol	1 091 000 Kč	1 105 000 Kč	697 300 Kč	779 460 Kč

Obecně podle výpočtů platí, že čím dražší pořizovací cena, tím menší měsíční útraty za energie. Z toho vyplývá, že pokud si zakoupíte solární panely, u kterých je pořizovací cena 215 000 Kč již při stavbě domu, zvýší se měsíční hypoteční splátka přibližně o 1000 Kč. Zároveň se sníží platby za energie až o 1700 Kč měsíčně. Díky tomu se za rok může na energii ušetřit kolem 8400 Kč.

Vzhledem k podpoře České vlády se začíná zájem o tyto zdroje energie zvyšovat. Získáváním energie z alternativních zdrojů se Česká republika přibližuje ekonomicky vyspělejším zemím, kde je užívání obnovitelných zdrojů energie již běžnou praxí. Kdyby tento trend pokračoval i nadále, dá se jen doufat, že se lidstvo jednou stane naprosto nezávislé na neobnovitelných zdrojích energie.

8 ZDROJE

Odborné publikace a normy

- [1]: KOLEKTIV : *Projekční návod, sluneční kolektory*. 1. vyd. Rudná u Prahy : Viessmann spol.s.r.o, 2000. 79 s. ISBN 5825 135-2 CZ
- [2] : BROŽ, K.: *Vytápění*. Skriptum ČVUT v Praze, 1995.
- [3]: SRDEČNÝ, Karel: *Tepelná čerpadla*. 1. vyd. Brno :ERA,2005. VI, 68 s. :il. ISBN 80-7366-031-8
- [4] BROŽ,K., ŠOUREK,B.: *Alternativní zdroje energie*. 1. vydání. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. 213 s. ISBN 80-01-02802-X
- [5] DUFKA, J.: *Hospodárné vytápění domů a bytů* 1. vydání. Grada, 2004. 112 s. ISBN: 978-80-247-2019-7
- [6] : ČSN EN 832 *Tepelné chování budov - Výpočet potřeby energie na vytápění - Obytné budovy*. ČNI, 2000.

Internetové adresy a reklamní materiály

- [7] : <http://www.chmi.cz/> (čerpáno dne : 2.12.2008)
- [8] : <http://www.tzb-info.cz/> (čerpáno dne : 20.4.2009)
- [9] : <http://www.sfzp.cz/> (čerpáno dne : 7.5.2009)
- [10] : <http://www.neosolar.cz/> (čerpáno dne : 30.4.2009)
- [11] : <http://www.uspora-energie.info/> (čerpáno dne : 20.11.2008)
- [12]: <http://www.energetik.cz/> (čerpáno dne : 15.5.2009)
- [13]: <http://www.unego.cz/> (čerpáno dne : 8.12.2008)
- [14]: Reklamní materiál společnosti PZP
- [15]: Reklamní materiál společnosti Thermofire
- [16]: Reklamní materiál společnosti Viessmann
- [17]: Reklamní materiál společnosti EkoWatt
- [18]: Mapové podklady společnosti Geodis

