



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
ENERGY INSTITUTE

# MODERNÍ TRENDY VE VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU

MODERN TRENDS OF HEATING OF FAMILY HOUSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

ONDREJ BAŠOVSKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

ING. MARTIN LISÝ, PH.D.

BRNO 2015



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2014/15

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Ondrej Bašovský

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Základy strojního inženýrství (2341R006)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Moderní trendy ve vytápění rodinného domu**

v anglickém jazyce:

### **Modern Trends of Heating of Family House**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Provést rešerži a základní porovnání různých způsobů vytápění rodinných domů se zaměřením na nové, moderní technologie vytápění

Cíle bakalářské práce:

Provedení rešerže základních způsobů vytápění RD

Základní porovnání jednotlivých způsobů vytápění



*[Handwritten signature]*  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Jan Janda, Ph.D.  
Energetický ústav

*[Handwritten signature]*  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.  
Energetický ústav

Seznam odborné literatury:

Jandačka, J., Mikulík, M.: Technologie pre zvyšovanie energetickeho potencialu biomasy. TU Žilina 2007, ISBN 978-80-969595-4-9

Bašta J.: Regulace vytápění, ČVUT v Praze, 2007 ISBN - 978-80-01-02582-6

Brož, K.: Vytápění. Praha 2006, ISBN 80-01-02536-5

Firemní a internetové zdroje

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Lisý, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/15.

V Brně, dne 19.11.2014



*J. Pospíšil*

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.  
Ředitel ústavu

*J. Katolický*

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
Děkan

## **ABSTRAKT**

Cieľom tejto bakalárskej práce je zhrnúť poznatky o dnešných spôsoboch vykurovania rodinných domov so zameraním na moderné technológie. Druhým cieľom je previesť základné porovnanie jednotlivých spôsobov vykurovania na konkrétnom modelovom dome.

## **KLÚČOVÉ SLOVÁ**

vykurovanie, tuhé palivá, plyn, elektrická energia, kotol, tepelné čerpadlo, solárny systém, biomasa, alternatívna energia, zdroje energie

## **ABSTRACT**

The aim of this bachelor thesis is to summarize current knowledge of nowadays ways of heating with an emphasis on modern technology. The next aim is to perform a basic comparison of the various methods of heating on the model house.

## **KEYWORDS**

heating, solid fuels, gas, electric power, heat pump, boiler, solar system, biomass, alternative energy, power supply

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA**

BAŠOVSKÝ, O. *Moderní trendy ve vytápění rodinného domu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 54 s. Vedúci bakalárskej práce Ing. Martin Lisý, Ph.D..

## **ČESTNÉ PREHLÁSENIE**

Prehlasujem, že táto práca je mojim pôvodným dielom, spracoval som ju samostatne pod vedením Ing. Martina Lisého, Ph.D. a s použitím literatúry uvedenej v zozname.

V Brne dňa 29. mája 2015

---

Ondrej Bašovský

## **POĎAKOVANIE**

Rád by som sa poďakoval v prvom rade vedúcemu mojej práce – Ing. Martinovi Lisému, PhD. za ochotu, venovaný čas na konzultácie a praktické rady pri spracovaní práce. Taktiež by som sa rád poďakoval Ing. arch. Tomášovi Gunišovi – zástupcovi spoločnosti Archisystems s.r.o. za poskytnutie výkresovej dokumentácie a výpočtov energetickej náročnosti modelového domu, a za všetky rady, ktoré mi počas spracovania danej problematiky poskytol.



**OBSAH**

1	Úvod .....	11
2	Tepelná pohoda a komfort – mikroklima .....	12
3	Tuhé palivá .....	13
3.1	Biomasa .....	13
3.1.1	Palivové drevo .....	14
3.1.2	Pelety .....	15
3.1.3	Brikety .....	17
3.2	Uhlie a koks .....	17
3.2.1	Hnedé uhlie .....	18
3.2.2	Čierne uhlie .....	18
3.2.3	Koks .....	18
4	Plynné palivá .....	20
4.1	Zemný plyn .....	20
4.1.1	Nízkoteplotné kotle .....	20
4.1.2	Kondenzačné kotle .....	21
5	Tepelné čerpadlá .....	23
5.1	Princíp funkcie .....	23
5.2	Tepelné čerpadlo – zem/voda .....	24
5.2.1	Tepelné čerpadlo – podzemný kolektor .....	24
5.2.2	Tepelné čerpadlo – hlbinný vrt .....	25
5.3	Tepelné čerpadlo – voda/voda .....	26
5.4	Tepelné čerpadlo – vzduch/voda .....	26
5.5	Tepelné čerpadlo – vzduch/vzduch .....	27
6	Elektrina .....	28
6.1	Priamovýhrevné systémy .....	28
6.1.1	Sálavé panely .....	28
6.1.2	Konvektory .....	29
6.1.3	Podlahové, stenové a stropné vykurovanie .....	29
6.2	Akumulačné systémy .....	30
6.2.1	Akumulačné kachle .....	30
7	Energia slnka – solárne systémy .....	32
7.1	Fototermické systémy .....	33

---

7.1.1	Ploché kolektory .....	34
7.1.2	Trubicové kolektory .....	34
7.2.	Fotovoltaické systémy .....	35
7.2.1	Amorfné panely .....	36
7.2.2	Polykryštalické panely .....	36
7.2.3	Monokryštalické panely .....	37
8	Návrh vykurovania pre modelový dom .....	38
8.1	Modelový dom – popis .....	38
8.2	Energetická náročnosť modelového domu .....	39
8.2.1	Vypočítané hodnoty pomocou programu PHPP .....	39
8.2.2	Výpočet energie potrebnej na ohrev TÚV .....	40
8.3	Aktuálny vykurovací systém .....	41
8.4	Alternatívne návrhy vykurovania .....	41
8.4.1	Návrh rozvodov ústredného kúrenia .....	41
8.4.2	Kondenzačný plynový kotol .....	42
8.4.3	Automatický kotol na pelety .....	43
8.5	Zhodnotenie .....	44
Záver	.....	46
Použité informačné zdroje	.....	48
Zoznam obrázkov	.....	53
Zoznam tabuliek	.....	54
Zoznam použitých skratiek a symbolov	.....	55

# 1 ÚVOD

V dnešnej dobe je termín „obnoviteľné zdroje energie“ čoraz viac známy a spája sa s historickými medzníkmi a časovým vývojom spojenými s technickým pokrokom ľudstva.

Významným medzníkom bola priemyselná revolúcia začínajúca v 18. storočí, a to hlavne v oblasti využívania neobnoviteľných zdrojov energie (resp. fosílnych palív). Táto skutočnosť s odstupom času umožnila ľudstvu postupný a veľmi rýchly demografický rozvoj a taktiež napomáhala k zvyšovaniu životného štandardu ľudstva. Následkom revolúcie bolo taktiež vybudovanie väčších priemyselných centier. [1]

Priemyselná revolúcia tiež priamo ovplyvnila rapídny rozvoj dopravy, komunikácií a transport energetických produktov, ktoré urýchlili čerpanie fosílnych palív a napomohli expanzii ľudstva aj do ťažšie prístupných miest.

Súčasne sa však s odstupom času ukázalo, že svetové zásoby fosílnych palív nie sú nevyčerpatelne. Rastúci počet ľudí na Zemi, rozvoj techniky a dopravy spôsobili zväčšujúci sa dopyt po palivách a rýchly nárast ich spotreby. Extrémne rýchle vyčerpávanie prírodných zásob fosílnych palív viedlo a neustále vedie k uvoľňovaniu dlhodobo v nich viazanému skleníkovému plynu CO<sub>2</sub> a súčasne k rýchlemu nevratnému narušovaniu prírody a životných podmienok tak, že môže byť ohrozená budúcnosť ľudstva. [1]

Takto neustále narastajúci trend a nejasné vyhliadky do budúcnosti nútia ľudstvo uvažovať čoraz viac „ekologickejšie“. Jednou z veľkého počtu oblastí rozvoja je práve otázka vykurovania rodinných domov. Tepelný komfort a tepelná pohoda sú v tomto prípade primárnym cieľom, avšak za určitého kladenia dôrazu na ich cenu.

## 2 TEPELNÁ POHODA A KOMFORT - MIKROKLÍMA

Tepelná pohoda a komfort sú hlavným cieľom vykurovania obytných priestorov a to hlavne v zimnom období, kedy sú vonkajšie teploty nízke. Úzko súvisia so základnými hygienickými požiadavkami na mikroklimatické parametre a takisto aj s ochranou zdravia človeka.

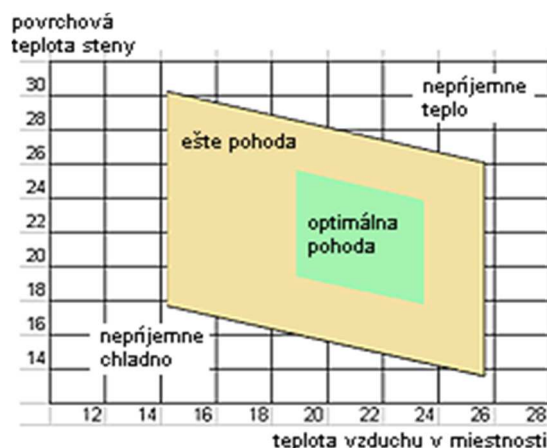
Tepelná pohoda je stav, kedy sú dosiahnuté také tepelné podmienky, kedy človeku nie je chladno, ani príliš teplo. Na tepelnú pohodu majú zásadný vplyv hlavne: teplota vzduchu, vlhkosť vzduchu, rýchlosť prúdenia vzduchu a súčet teplôt všetkých povrchov v miestnosti. [2]

Pre dosiahnutie príjemnej tepelnej pohody by mala byť odporúčaná teplota vzduchu v rozmedzí 18,5 °C až 21,5 °C – v kúpeľniach je táto odporúčaná teplota vyššia. Relatívna vlhkosť vzduchu by mala dosahovať hodnoty od 35 % do 65 %. Reálne však každá osoba vníma úroveň tepelného komfortu inak, nakoľko jeho vnímanie závisí na aktuálnom fyziologickom stave tela.

V prípade regulácie podmienok mimo odporúčaného rozmedzia teplôt a vlhkostí, môže v určitých prípadoch dôjsť k nežiadúcim účinkom na ľudský organizmus. U príliš vysokej teploty nastáva zníženie relatívnej vlhkosti vzduchu. V dlhodobom pobyte v takomto prostredí môže prebiehať vysušanie sliznice horných dýchacích ciest, čím klesá jej ochranná funkcia a stúpa možnosť prieniku škodlivých látok do dolných dýchacích ciest.

V opačnom prípade – vlhký vzduch s relatívnou vlhkosťou nad 65%, podporuje riziko tvorby plesní a rozmnožovania roztočov, z ktorých tvorby vznikajú alergény. Vysoká vlhkosť takisto degraduje stavebný materiál a skracuje životnosť stavby. [2]

Takisto, vnútorná teplota budov má veľký vplyv na celú škálu fyziologických funkcií v ľudskom organizme. Plný výkon človeka nastáva napr. pri ľahkej práci v okolitej teplote 22 °C, pri teplote 27 °C klesá jeho schopnosť podávať plný výkon o 25 %, pri 30 °C sa odhaduje len 50 % z optima. [3]



Obr. 1: Tepelná pohoda [4]

### 3 TUHÉ PALIVÁ

Tuhé palivá majú stále značný podiel v celkovej energetickej bilancii. Ich použitie je najčastejšie v oblastiach, ktoré sú ťažko dostupné a nie je možnosť ich plynofikácie.

Takisto majú prioritné postavenie v zabezpečovaní energetickej náročnosti obyvateľstva, ako ukazuje nasledovná *Tab. 1*. V nej je aj odhadnutá štruktúra prvotných zdrojov na Slovensku začiatkom ďalšieho storočia. Tento údaj možné považovať však za relatívny.

Druh paliva	Podiel na prvotných zdrojoch (%)				
	1970	1980	1990	2000	2100
Tuhé palivá	76	58	45	33	30
Kvapalné palivá	14	21	23	18	23
Plynné palivá	5	8	13	31	35
Ostatné	5	7	8	5	7
Jadrová energia	0	6	11	13	15

*Tab. 1: Vývoj štruktúry prvotných zdrojov na Slovensku [12]*

#### 3.1 BIOMASA

Pojem biomasa sa v oblasti priemyselnej výroby a energetiky vzťahuje na biologický materiál vytváraný voľne v prírode, alebo vyprodukovaný činnosťou človeka.

Najväčším producentom biomasy je lesné hospodárstvo a drevospracujúci priemysel produkujúce drevo ako najzastúpenejší zdroj biomasy (palivové drevo, drevná štiepka, kôra, piliny, pelety a brikety).

Ďalším producentom je poľnohospodárstvo. Pestovaním „energetických plodín“ a produkciou vedľajších produktov živočíšnej poľnohospodárskej výroby (hnoj, exkrementy) a rastlinnej výroby (slama, seno) sa radí taktiež k značne významným producentom biomasy.

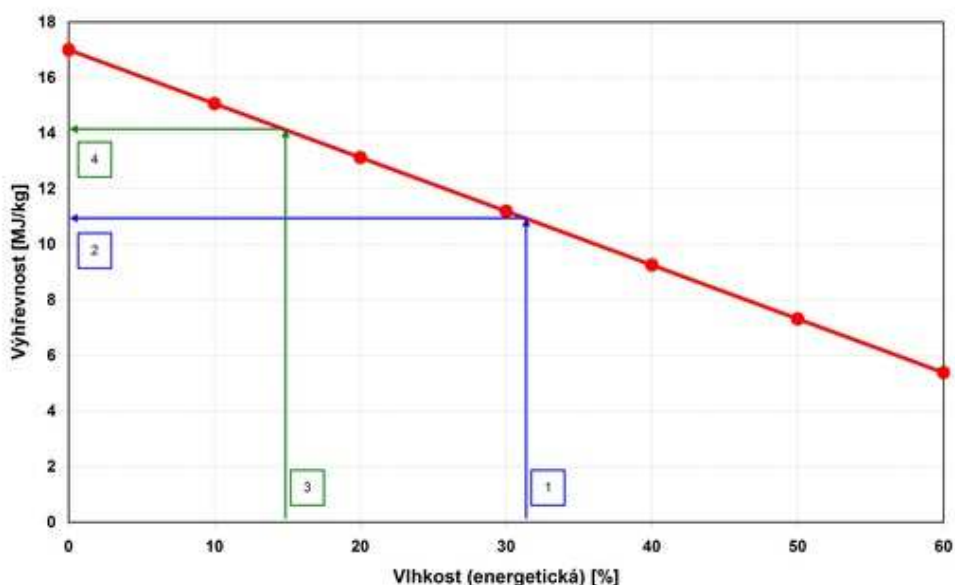
Využitie biomasy je hlavne na výrobu energie – tepla, výrobu elektriny a takisto aj na výrobu alternatívnych palív. Je považovaná za obnoviteľný zdroj energie, pretože na regeneráciu energeticky využitých zásob je potrebná iba krátka doba [5]. V porovnaní s inými obnoviteľnými zdrojmi má niekoľko výhod ale aj nevýhod. Z dlhodobého hľadiska je považovaná za stabilný zdroj energie s malou závislosťou na krátkodobých výkyvoch počasia. Jednou z jej hlavných výhod je množstvo emisií CO<sub>2</sub>. Z hľadiska jeho produkcie ide o neutrálny zdroj energie – objem CO<sub>2</sub> vypusteného do ovzdušia pri spaľovaní sa rovná objemu, ktorý rastliny absorbujú pri svojom raste (za predpokladu správneho spaľovania).

Biomasa môže dosahovať pomerne vysokú výhrevnosť závisiacu hlavne na jej kvalite a vlhkosti. Výhrevnosť môže byť dokonca vyššia, než je výhrevnosť nekvalitného hnedého uhlia [6]. Z hľadiska komfortu väčšina dostupných palív z biomasy je pomerne náročná na skladovací priestor. Taktiež je potrebné zabezpečiť manipuláciu s palivom, čo v prípade vykurovania plynom alebo elektrinou nie je potrebné.

### 3.1.1 PALIVOVÉ DREVO

Drevo je už odpradávná najpoužívanejším zdrojom energie na vykurovanie rodinných domov. Jeho výhrevnosť kolíše nielen podľa druhu dreviny, no najmä v závislosti na vlhkosti. Relatívna vlhkosť čerstvo vytáženého dreva je až 60 %. Pre jeho spaľovanie je optimálna vlhkosť 20 %. Pri nízkej vlhkosti má totiž horenie explozívny charakter a mnoho energie uniká zo spaľovacieho priestoru von spolu so spaľovacími plynmi. Pri vyššej vlhkosti sa však veľké množstvo energie spotrebuje na vyparenie vody obsiahnutej v dreve a spaľovanie je nedokonalé. Pre zníženie vlhkosti dreva je potrebné ho nechať prirodzene vysušiť. V praxi však nie je možné drevo prirodzene vysušiť úplne – zostatkový obsah vody je asi 20 % hmotnosti suchého dreva. [7]

Používanie palivového dreva na vykurovanie patrí k najlacnejším spôsobom vykurovania. V tomto prípade však ide o menej komfortný spôsob, nakoľko je potrebné neustále dokladanie dreva do kotla. Taktiež je potrebný väčší priestor na skladovanie dreva.



Obr. 2: Graf závislosti výhrevnosti dreva na jeho vlhkosti [4]

## SPLYŇOVACIE KOTLE NA PALIVOVÉ DREVO

Jednou z najnovších technológií sú splyňovacie kotle. Umožňujú ekologické pyrolitické spaľovanie suchého dreva pri obmedzenom prístupe vzduchu. Počas tohto procesu vzniká na plynovom rošte horúce drevené uhlie, pričom sa uvoľňujú plyny. Tieto plyny sa zároveň miešajú so vzduchom, čím sa vytvára vysoko horľavá zmes. Postupne je táto zmes odvádzaná do ďalšej časti kotla, kde pomocou trysky a prívodu vzduchu dochádza k ich postupnému spaľovaniu. Spaliny so stále vysokou teplotou sú odvádzané do tretej časti kotla, kde odovzdajú ďalšiu časť svojej energie. Splyňovacie kotle dosahujú vysokú účinnosť (až 87 %). Ich konštrukčné riešenie umožňuje plniť horiaci priestor veľkými polenami (až do dĺžky 50 cm). [10]



Obr. 3: Splyňovací kotol Viessmann Vitoligno 100-S [9]

### 3.1.2 PELETY

Pelety vznikajú zlisovaním rôznorodého dreveného alebo poľnohospodárskeho odpadu pod veľkým tlakom a pri vysokej teplote (až okolo 100 °C) do podoby krátkych valčekov - granulí (obvyklý priemer 6mm). Táto výroba prebieha bez prídavku chemicko-syntetických prísad. Kvalitné pelety majú vysokú výhrevnosť – viac ako 18 MJ/kg (sušené drevo 14,4 MJ/kg) a nízku vlhkosť (okolo 8 %). Pri kvalitnom spálení 1 kg peliet zostane približne 5 g popola, z čoho vyplýva, že popolnatosť peliet je menšia ako 1 %.

Alternatívnymi peletami sú tzv. agropelety. Materiálom na ich výrobu sú prebytky poľnohospodárskej produkcie ako je: slama, seno, odpady vznikajúce pri čistení obilia, olejnía a strukovín. Avšak oproti dreveným peletám majú vyšší obsah popola (okolo 5%). [11]

Keďže sú pelety sypké, môžu sa používať v kotolniach s automatickou prevádzkou. Táto skutočnosť jednoznačne uľahčuje obsluhu kotla a komfort pri vykurovaní. Plynulý prísun paliva pomocou dopravníka umožňuje regulovať tepelný výkon kotla.



Obr. 4: Drevené pelety bez kôry [56]

## AUTOMATICKÉ KOTLE NA PELETY

Peletové kotle slouží hlavně na vykurovanie rodinných a bytových domov. Hlavnou výhodou je plne automatická prevádzka a dobré spaľovacie vlastnosti vďaka elektronickej presnému dávkovaniu peliet a množstva vzduchu. Mikroprocesorové riadenie automaticky vypočíta potrebné množstvo drevených peliet a postará sa o optimálny objem vzduchu potrebného k spaľovaniu. Pomocou závitového dopravníka sa drevené pelety automaticky dopravujú zo skladovacieho priestoru do priestoru spaľovacieho, kde sa elektricky zapália. Jednoduché prispôsobenie kúrenia podľa potrieb užívateľa je možné pomocou predvolených tepelných programov. Obsluha je v porovnaní s drevenými kotlami menej náročná a čistenie jednoduchšie.



Obr. 5: Automatický kotol na pelety  
Attack Pellet 30 [57]

Cena vykurovania peletami sa pohybuje v nižších sumách ako cena za plyn či elektrinu. Kúrenie drevom je však stále lacnejšie.

## KOZUBY NA PELETY

Ich použitie je primárne lokálne – na vykurovanie jednotlivých miestností obydli. Plne automatizovaná prevádzka ponúka užívateľovi komfort porovnateľný so spaľovaním plynu (s výnimkou potrebného dopĺňania peliet do zásobníka). Taktiež svojím dizajnom a živým ohňom plnia dekoračnú funkciu interiéru a prispievajú tak k vytváraniu príjemnej atmosféry teplého domova. Možnosť ich realizácie je buď etážová alebo je možné ich použiť ako zariadenia ústredného kúrenia. Tepelný výkon takýchto kachlí sa pohybuje medzi hodnotami 5 – 20 kW.



Obr. 6: Kozub na pelety  
Haas+Sohn HSP 1.17 [58]



### 3.1.3 BRIKETY



Obr. 7: Briketa [59]

Brikety sú štruktúrou rovnaké peletám, no ich vzájomný rozdiel je hlavne v tvaroch (valec, hranol) a rozmeroch. Používajú sa ako náhrada fosílnych palív v kotloch, domácich pieckach a krboch. Pri porovnaní s drevom / drevnou štiepkou majú vyššiu hustotu, tým pádom nižší objem, čo uľahčuje manipuláciu a transport s palivom. Majú vysokú výhrevnosť- 15 až 19MJ/kg, popolnatosť okolo 1% a relatívnu vlhkosť menej ako 10% [11]

### KOTLE NA BRIKETY

Ide o splyňovacie kotle, v ktorých možno kombinovať vykurovanie briketami alebo palivovým drevom. Na kúrenie je možné použiť akékoľvek suché drevo – predovšetkým dlhšie polená. Taktiež je možné použiť drevo vo forme väčších špalkov, čím sa zníži menovitý výkon, no predĺži sa doba horenia. Kotle sú konštruované väčšinou s mohutnou násypkou, čo umožňuje užívateľovi vkladať celé balíky brikiet. Výhodou takýchto kotlov je tiež jednoduché čistenie topenišťa za prevádzky a odstraňovanie popola. V porovnaní s kotlami na plyn však ide stále o menej komfortnú, no zároveň lacnejšiu formu vykurovania.

## 3.2 UHLIE A KOKS

Uhlie je jednou z kľúčových surovín na vykurovanie. Na dôležitosti naberalo hlavne od doby priemyselnej revolúcie, kedy každým rokom narastalo množstvo jeho ťažby niekoľkonásobne. Až 40 % svetovej výroby elektriny je produkovaná v tepelných elektrárnach. [12]

Uhlie vzniklo z rastlinných a živočíšnych zbytkov na dne močiarov bez prístupu kyslíka, čo zabránilo ich rozkladu a spôsobilo zuhoľnatie. Tento proces prebiehal za pomoci vysokého tlaku a teplot.

Zjednodušene ho možno rozdeliť na hnedé uhlie, čierne uhlie a koks. Reálne existuje až 8 druhov hnedého uhlia a 6 druhov čierneho uhlia (čierne – antracit, antracitové uhlie, koksové uhlie, žirné uhlie, plynové uhlie, žiarové uhlie; hnedé – smolné, lesklé, živičné, pololesklé, celistvé, lignit, so zemným lomom, drolivé) [12].

### 3.2.1 HNEDE UHLIE

Je geologicky mladším uhlím než je uhlie čierne (vznik v tret'ohorách). Hnedé uhlie je už tradičným zdrojom tepla pre vykurovanie domov a ohrev úžitkovej vody. Má nižšiu kvalitu a nízky stupeň preuhoľnatenia (50 – 70 % obsah C) a takisto relatívne vysoký obsah vody. Patrí však k najlacnejším surovinám na vykurovanie. Jeho spaľovanie vo vysokej miere zaťažuje životné prostredie – okrem bežného produktu spaľovania : oxidu uhličitého , vznikajú ďalšie škodlivé látky : oxid uhoľnatý (CO), oxid siričitý (SO<sub>2</sub>) a prach. Tepelná výhrevnosť hnedého uhlia (17,6 MJ/kg) je v porovnaní s výhrevnosťou čierneho uhlia alebo koksu nízka.

### 3.2.2 ČIERNE UHLIE

Pôvodom je staršie než hnedé uhlie (prvohory a druhohory). Je najkvalitnejším uhlím. V porovnaní s hnedým uhlím má menší obsah vody a síry, vyšší obsah uhlíka a takisto vyššiu výhrevnosť (najkvalitnejšie až 30 MJ/kg). Pri kvalitnom spaľovaní v moderných kotloch je pre prostredie omnoho viac šetrnejšie, než hnedé uhlie. Cena jednej tony čierneho uhlia je vyššia, než cena hnedého uhlia (hnedé uhlie – cena : 184 €/t, výhrevnosť: 17,6 MJ/kg ; čierne uhlie – cena: 225,6 €/t, výhrevnosť: 30 MJ/kg ), čo môže odradiť väčšinu užívateľov od nákupu. Ak však vyčíslime hodnotu 1 MJ výhrevnosti zistíme, že 1 MJ získaný spálením čierneho uhlia je lacnejší, než 1 MJ získaný spálením hnedého uhlia (hnedé uhlie – 0,01045 €/MJ , čierne uhlie – 0,00752 €/MJ).

### 3.2.3 KOKS

Ide o pevný uhlíkatý zvyšok získaný z nízkopopolového a nízkosírneho čierneho uhlia. V koksovacích peciach s obmedzeným množstvom kyslíka sú z uhlia odstránené prchavé zložky a to za vysokej teploty (až 1000°C). Okrem využitia na vykurovanie je veľmi dôležitý pri výrobe železa vo vysokých peciach - v nich sa používa ako redukčné činidlo vďaka skutočnosti, že má nízky obsah nečistôt a vysoký obsah uhlíka. Má vysokú výhrevnosť (29,6 MJ/kg). [16]

## AUTOMATICKE KOTLE

Automatické kotle sú novým riešením pre užívateľov, ktorí vykurojú svoje domy pomocou viacerých druhov palív. Niektoré kotle sú vyrábané taktiež s možnosťou prevádzky v „ručnom režime“, kedy je možné do kotla prikladať kusové drevo, čím je dosiahnutá možnosť využívať takýto kotol aj ako klasický kotol.

Vo väčšine kotlov je pre spaľovanie použitý retortový horák so šnekovým podávaním paliva a ventilátorom. Kotle pre spaľovanie paliva horšej kvality majú piestové podávanie paliva so zásuvným horákovým roštom. [17]



Obr. 8: Retortový horák s podávačom [60]

Oproti klasickým kotlom je u automatických kotlov vyššia úspora nákladov (až 30 %) vďaka vyššej účinnosti. Voči zemnému plynu je možné ušetriť až 60 % ročných nákladov. [18]

Ceny automatických kotlov sú však dvoj až trojnásobné oproti obyčajným liatinovým alebo ocelovým kotlom. Ich účinnosť sa v celom režime spaľovania pohybuje v hodnotách vyšších ako 80 % [19]



Obr. 9: Automatický kotol Benekov LT 25 [20]

V porovnaní s klasickými kotlami, je hlavnou výhodou automatických kotlov komfortná obsluha a tepelná pohoda vo vykurovanom objekte, ktorý nie je vystavovaný tepelným výkyvom vďaka niekoľkodennej prevádzke automatického kotla (stála teplota vo vnútri budovy).

Aj napriek dobrej regulácii, ktorá je zrovnateľná s reguláciou plynových kotlov, je potrebné obsluhovať automatický kotol denne v priemere 10 minút. Zásobníky paliva sú konštruované na prevádzku bez obsluhy počas 2 až 4 dní. Popol je nutné vynášať každé 2 dni. [20]

Nevýhodou je taktiež prašné prostredie vo vykurovacej miestnosti a nutná manipulácia s uhlím potrebným na vykurovanie. Častokrát je potrebný nemalý priestor na skladovanie uhlia.

## 4 PLYNNÉ PALIVÁ

Plynné palivá sú zmesami horľavých a nehorľavých plynov. K verejnému zásobovaniu a spaľovaniu v zdrojoch tepla sú určené hlavne plynné palivá ako: zemný plyn a propan-butan.

Propan-butan je zmes skvapalnených uhl'ovodíkových plynov, ktorá sa objemovo skladá z 30 – 50 % propanu a 50 – 70 % butanu. Je vedľajším produktom pri rafinárskom spracovaní benzínu. Pri normálnom atmosférickom tlaku sa vyskytuje v plynnom stave. Plynný propan-butan je bez zafarbenia, zápacha a je nedýchateľný. V porovnaní so vzduchom je dvakrát ťažší, má vysokú výbušnosť, nie je však jedovatý. Jeho skvapalnenie je možné už pri pomerne malom zväčšení pretlaku. [12]

Z hľadiska množstva spaľovania má najväčší význam prírodné plynné palivo – zemný plyn. Medzi ostatné umelé plynné palivá patrí aj vysokopecný plyn, generátorový plyn, koksárenský plyn a vodný plyn.

### 4.1 ZEMNÝ PLYN

Zemný plyn je fosílné palivo – zmes uhl'ovodíkov, z ktorých 93 – 99 % objemu tvorí metán. Je to prírodný plyn bez zápachu, ktorý nie je jedovatý nakoľko neobsahuje oxid uhoľnatý. Má však dusivé účinky na človeka (neobsahuje kyslík). Je približne dvakrát ľahší než vzduch a dvakrát výhrevnejší než svietiplyn. V plynárenstve je do zemného plynu primiešavaný odorant- látka, ktorá dodáva zemnému plynu špeciálny zápach.

Jeho výhrevnosť sa rovná približne  $33,5 \text{ MJ/m}^3$ , no jej presná hodnota závisí hlavne od miesta ťažby. Využívanie zemného plynu je v dnešnej dobe pohodlné a spoľahlivé – možno ho označiť za tzv. komfortný zdroj tepla. [13]

#### 4.1.1 NÍZKOTEPLTNÉ KOTLE

Tieto kotle sú navrhnuté na prevádzku so suchými spalinami, pričom môžu pracovať aj s teplotami nižšími než  $65 \text{ }^\circ\text{C}$  vstupnej vody vchádzajúcej do kotla (nízkoteplotné). Vyrábajú sa vo verzii stacionárnej alebo závesnej. Sú konštruované tak, aby mali veľký vodný objem, čo znamená dlhšie intervaly činnosti horáka. Tým sa znižuje počet jeho štartov, čo redukuje množstvo vznikajúcich škodlivín nedokonalým spaľovaním. Oproti starým kotlom majú inovovanú tvarovú geometriu spaľovacej komory a odvodu spalín.[14]

Najkvalitnejšie z nich dosahujú účinnosť až 93 %, čo predstavuje v porovnaní so staršími kotlami až päťtinovú úsporu. Závesné nízkoteplotné kotle sa vyrábajú vo výkonoch od 10 do 30 kW. Svojimi rozmermi šetria nielen miesto, no častokrát majú v sebe zabudované aj bohaté príslušenstvo – napr. obehové čerpadlo, prepínací ventil na ohrev pitnej vody.



Obr. 10: Nízkoteplotný kotol  
Viessmann Vitopend 111-W [61]

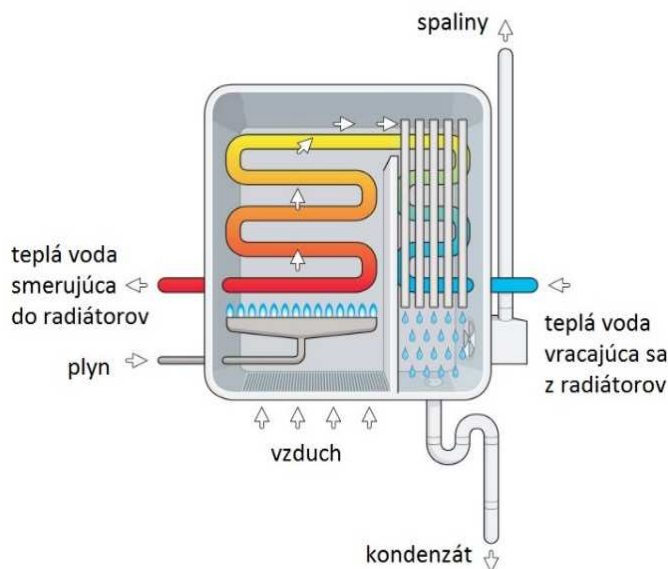
Výmenník tepla nízkoteplotného kotla je najčastejšie vyrobený z oceli alebo liatiny. Použitie oceli má však určité nevýhody: teplotu vratnej vody je potrebné zabezpečiť tak, aby bola vyššia než teplota rosného bodu spalín (teda približne 55 °C). V prípade poklesu tejto teploty dochádza k nízkoteplotnej kondenzácii, pričom môže vzniknúť koncentrát spôsobujúci u menej odolných materiálov poškodenie a koróziu. Automaticky sa tak znižuje životnosť kotla a rastú náklady na jeho údržbu a opravy. [15]

Naopak liatinové kotle aj napriek vyššej kúpnej cene zabrahujú svojou konštrukciou a tvarovaním liatinových článkov, vzniku kondenzácie, a tým aj nízkoteplotnej korózii. Vysoké využitie tepla obsiahnutého v spaliniách zabezpečuje liatina použitá na výhrevných plochách kotla a v maximálnej miere odovzdáva prijaté teplo zohrievanej vode. Nízkoteplotná prevádzka kotla predstavuje značné úspory plynu. [15]

#### 4.1.2 KONDENZAČNÉ KOTLE

Kondenzačné kotle sú zámerne skonštruované tak, aby v nich dochádzalo ku kondenzácii vodných pár, ktoré spaliny obsahujú. Plocha výmenníka, kde kondenzácia prebieha, je vyrobená buď z nerezovej ocele, alebo zo zliatiny Al a Mg, aby nekorodovala. Skondenzovaná voda zo spalín je potom použitá na ohrev kotlovej vody. Tým dokáže zúžitkovať aj teplo obsiahnuté vo vodnej pare, čo má za následok vyššiu účinnosť v porovnaní s nízkoteplotnými kotlami. [15]

Sú vhodné pre budovy s nízkoteplotnými vykurovacími systémami (podlahové, stenové), kde sa využívajú menšie teplotné spády vykurovacieho média.



Obr. 11: Princíp funkcie kondenzačného kotla [62]

Ak sa má pri spaľovaní v kondenzačných kotloch dosiahnuť vysoká účinnosť, musia byť splnené nasledujúce kritériá:

- je potrebné použiť kondenzačný kotol, v ktorom je nízky rozdiel teplôt spalín a vody vstupujúcej do kotla.
- musí byť napojený na sústavu, ktorá sa vyznačuje najnižšou teplotou vratnej vykurovacej vody, potrebnej ku kondenzácii vodnej pary [15]

Kondenzačné kotle spotrebujú celkovo o 15 % menej energie než klasické kotle a o 33 % menej než zastaralé kusy. Dosahujú teoretickú účinnosť až 111 % .

## 5 TEPELNÉ ČERPADLÁ

Tepelné čerpadlá možno zaradiť medzi alternatívne zdroje energie vďaka možnosti odoberať nízkoenergetické teplo z okolitého prostredia (z vody, vzduchu alebo zeme), previesť ho na vyššiu teplotnú hladinu a nakoniec ho využiť pre vykurovanie alebo ohrev teplej vody. Fungovanie tepelného čerpadla možno prirovnať k vodnému čerpadlu – podobne ako ono prečerpáva vodu z nižšej hladiny na vyššiu hladinu, tepelné čerpadlo prevádza teplo o nízkej teplote na teplotu vyššiu. [21]

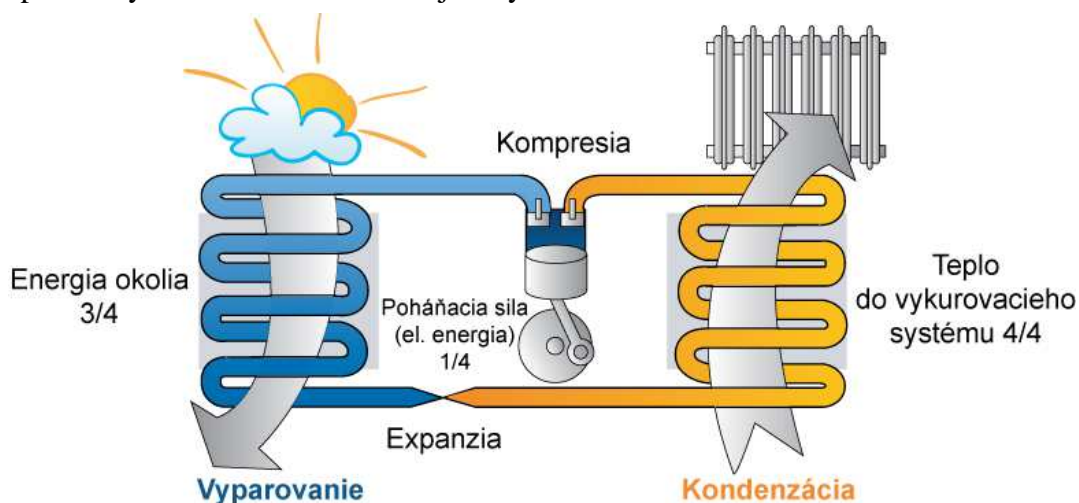
Pre svoju prevádzku potrebuje elektrickú energiu (pre pohon kompresora). Spomedzi najnovších systémov vykurovania patria tepelné čerpadlá k najekologickejším a najúspornejším systémom na vykurovanie a prípravu teplej vody. Je možné ich využiť na vykurovanie domov, ohrev TUV a klimatizáciu, alebo chladenie (prípade tepelného čerpadla s reverzným chodom).

### 5.1 PRINCÍP FUNKCIE

Tepelné čerpadlo odoberá teplo z primárneho prostredia a odovzdáva ho inému-sekundárnemu. Cyklus tepelného čerpadla sa skladá zo štyroch fáz:

1. **vyparovanie** – odoberanie tepla z vody, zo vzduchu alebo zo zeme - cez prvý výmenník sa chladivo odparuje, čím sa dostáva do plynného stavu;
2. **kompresia** – stlačenie ohriateho chladiva kompresorom, čo spôsobí ďalší nárast jeho teploty
3. **kondenzácia** – odovzdávanie tepla ohriateho chladiva vykurovaciemu médiu prostredníctvom druhého výmenníka – nastáva ochladenie chladiva a jeho následná kondenzácia späť na kvapalinu;
4. **expanzia** – prechod chladiva cez expanzný ventil - zníženie jeho tlaku a putovanie chladiva späť k prvému výmenníku.

V prvom výmenníku sa znova ohreje a cyklus sa uzatvára.



Obr. 12: Princíp funkcie tepelného čerpadla [22]

Pre opakovanie cyklu je potrebné dodať kompresoru tepelného čerpadla elektrinu na pohon. Tepelný výkon tepelného čerpadla je daný súčtom energií – energie získanej z prostredia a energie potrebnej na pohon kompresora. Výsledný tepelný výkon je vždy väčší než energia vynaložená na pohon čerpadla. Pomer tepelného výkonu čerpadla a príkonu kompresora je vykurovací faktor. Čím je jeho hodnota vyššia, tým účinnejšie je možné získavať energiu z vonkajšieho prostredia pri menšej spotrebe vlastnej energie. Jeho hodnota klesá s rastúcim rozdielom vstupnej teploty nízkopotenciálneho zdroja tepla a výstupnej teploty vykurovacej sústavy. [21]

Takto je možné získať napr. na 1 kWh elektriny asi 3 až 4 kWh tepelnej energie, čo predstavuje priemerný vykurovací faktor 3 až 4. Vykurovací faktor sa mení v závislosti od teplotných podmienok.

Tepelné čerpadlá sú určené predovšetkým pre nízkotepelné vykurovanie (podlahové vykurovanie alebo radiátory so zväčšenými vykurovacími plochami). Účinnosť tepelného čerpadla je pri podlahovom vykurovaní vyššia, pretože teplota vody vo vykurovacom systéme je nižšia.

Ako zdroje nízkopotenciálneho tepla sa používajú: podlažie (hlbinné vrty), pôda (pôdny kolektor), okolitý vzduch, odpadný vzduch a povrchové vody. [22]

## 5.2 TEPELNÉ ČERPADLO - ZEM/VODA

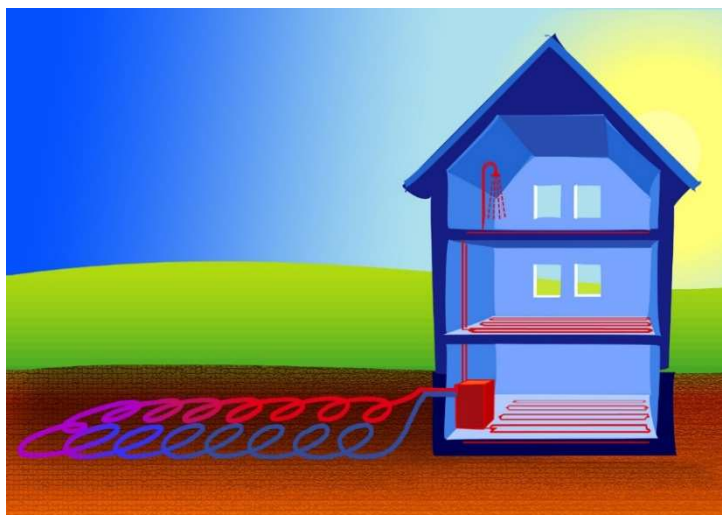
Pôda je akumulátorom tepla zo slnečného žiarenia, ktoré dopadá na povrch Zeme. Taktiež je v nej naakumulované teplo zo zemského jadra. Ide o pomerne veľké množstvo energie. Tepelné čerpadlá typu – zem/voda sú konštruované práve tak, aby sa takto akumulované nízkopotenciálne teplo dokázalo využiť.

### 5.2.1 TEPELNÉ ČERPADLO - PODZEMNÝ KOLEKTOR

Tento typ čerpadla využíva skutočnosť, že v povrchovej vrstve pôdy sa akumuluje teplo zo slnečného žiarenia. Teplo z pôdy sa odoberá z nemrznúcej vrstvy (hlbka min. 1 m) pomocou plastového potrubia, ktoré sa musí ukladať minimálne 0,6 m od seba. V potrubí prúdi nemrznúca zmes. Veľkosť použitej plochy na odoberanie tepla sa rovná približne trojnásobku plochy vykurovanej (pre bežný rodinný dom približne 200 m<sup>2</sup>). Presnejšie sa jej veľkosť určuje na základe merného výkonu získaného z pôdy, ktorej každý jej druh má merný výkon iný. [1]



Vykurovacie parametre u tepelných čerpadiel s podzemným kolektorom sú podobné čerpadlám s hlbinnými vrtmi, avšak náklady na ich inštaláciu sú podstatne nižšie, nakoľko zohráva hlavnú úlohu cena výkopových prác. V porovnaní s klasickými typmi vykurovania sú tepelné čerpadlá niekoľkonásobne investične drahšie.



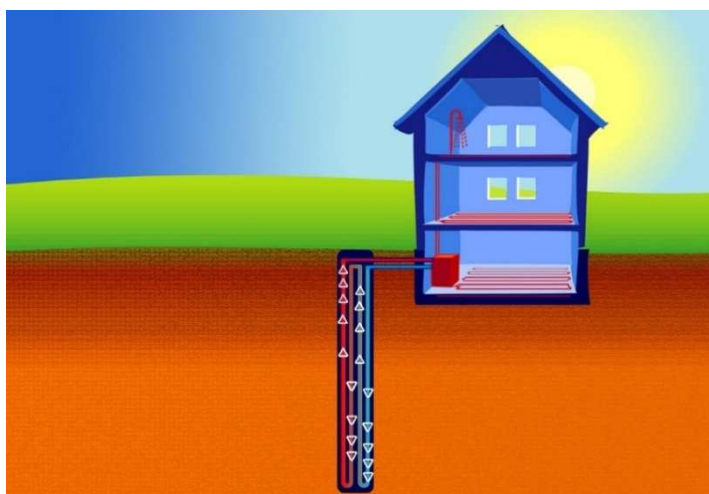
Obr. 13: Schéma: tepelné čerpadlo – podzemný kolektor [22]

V prípade rozhodnutia sa pre tepelné čerpadlo s podzemným kolektorom treba počítať s nepriamym dôsledkom, že vegetačné obdobie rastlín nachádzajúcich sa nad kolektorom, je oneskorené o niekoľko týždňov v porovnaní s rastlinami umiestnenými mimo neho. Taktiež sa neodporúča na takejto ploche vysádzať stromy ani stavať bazény, či iné stavby. [22]

## 5.2.2 TEPELNÉ ČERPADLO - HLBINNÝ VRT

Tento typ tepelných čerpadiel sa používa tam, kde veľkosť pozemku neumožňuje vybudovanie tepelného čerpadla s podzemným kolektorom. Ako zdroje nízkoenergetického tepla sú používané hlbinné vrt – vertikálne výmenníky tepla. Takéto vrt siahajú až do hĺbky 50 až 100 m a je možné ich umiestniť priamo pod novostavbu, alebo v blízkosti už stojacej stavby. Ako výmenné médium sa používa taktiež nemrznúca zmes, ktorá prúdi v plastovom potrubí. U najnovších aplikácií sa používa CO<sub>2</sub> prúdiaci v medených rúrkach, ktoré majú vynikajúcu tepelnú vodivosť. [22]

Počet vrtov sa projektuje na základe veľkosti vykurovaného objektu. Ich umiestnenie by malo byť minimálne 10 m od seba. Výhodou takéhoto tepelného čerpadla je celoročne stála teplota zdroja (cca 8 °C), čo zaisťuje efektívnu prácu tepelného čerpadla a priemerný ročný vykurovací faktor 3 – 3,5. [1, 22]



Obr. 14: Schéma: tepelné čerpadlo – hlbinný vrt [22]

Nevýhodou sú však vysoké počiatkové investičné náklady a zložitejšia stavba - je potrebné získať súhlas na vŕtacie práce. [23]

### 5.3 TEPELNÉ ČERPADLO - VODA/VODA

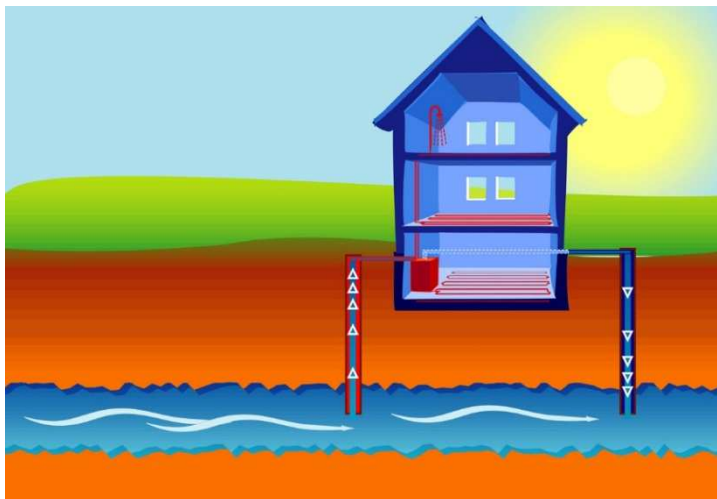
Tepelné čerpadlo typu voda/voda využíva ako zdroj tepla nízkopotenciálové teplo vody z okolia – či už podzemnej, alebo povrchovej. Samozrejme, na takýto typ vykurovania je potrebný vhodný zdroj vody – nemal by obsahovať príliš veľa minerálnych látok (nebezpečie zanesenia výmenníka ich vylúčením pri ochladení) a ani žiadne nečistoty. Pre napájanie čerpadla vodou sa používa podzemná voda z odberovej studne (v kombinácii so vsakovacou studňou) alebo povrchová voda – napr. rybník.

Spodná voda je pre tepelné čerpadlo obzvlášť vhodná vzhľadom na to, že aj pri nízkych vonkajších teplotách má stále konštantnú teplotu od 8 do 12 °C. Vďaka tejto skutočnosti je možné dosiahnuť priemerný ročný vykurovací faktor pohybujúci sa okolo hodnoty 4.

V tomto prípade je potrebné vyhlbiť aspoň dve studne o hĺbke 5 – 25 m s priemerom 20 – 25 cm navzájom od seba vzdialené aspoň 15 m. Voda z odberovej studne je pri prechode tepelným čerpadlom ochladená a následne vypustená do vsakovacej studne.[22]

Výhodou takéhoto prevedenia tepelného čerpadla je nižšia počiatková investícia, v porovnaní s podzemnými kolektormi alebo hlbinnými vrtmi, a vyšší vykurovací faktor, ktorý narastá s rastúcou teplotou spodnej vody. Výskyt vhodných zdrojov nie je však veľmi veľký. [23]

V prípade povrchovej vody dosahuje priemerná teplota týchto zdrojov tepla hodnoty od 2 do 15 °C. Tepelný výmenník je umiestnený priamo vo vode, alebo na brehu tak, aby nedošlo k jeho prípadnému zamrznutiu. V zime má však povrchová voda veľmi nízku teplotu, preto ju nie je možné ďalej ochladzovať, inak by zamrzla. [1]



Obr. 15: Schéma: tepelné čerpadlo – voda/voda [22]

## 5.4 TEPELNÉ ČERPADLO- VZDUCH/VODA

Tepelné čerpadlo vzduch/voda získava teplo zo vzduchu a odovzdáva ho vode vo vykurovacom systéme. Vzduch sa ochladzuje vo výmenníku, ktorý je umiestnený vonku. Vzhľadom na to, že vo vzduchu má malú tepelnú kapacitu, je nutné, aby výmenníkom prechádzali veľké objemy vzduchu (tisíce m<sup>3</sup>/hod). [22, 23]

Takýto typ tepelného čerpadla má široké využitie a navyše je investične menej náročný vďaka rýchlej montáži bez potrebných výkopových prác alebo terénnych úprav. Ďalšou výhodou je veľmi dobrý priemerný ročný vykurovací faktor v klimaticky miernejšom pásme (záleží na počte mrazivých dní). [1, 22]



Nevýhodou je hlavne klesajúci vykurovací faktor pri nízkych vonkajších teplotách, a to najmä v dňoch najväčšej potreby tepla (často dosahuje hodnoty menšie než 3). Oproti iným druhom tepelných čerpadiel má nižšiu životnosť – hlavne jednotky s pomalo-bežným ventilátorom.

Obr. 16: Schéma: tepelné čerpadlo – vzduch/voda [22]

V neposlednej rade taktiež zaťažuje okolité prostredie malou intenzitou hluku, ktorá však spĺňa hygienické normy.[1, 23]

## 5.5 TEPELNÉ ČERPADLO - VZDUCH/VZDUCH

Tento typ čerpadla sa líši od vyššie uvedeného typu tým, že získané teplo nie je odovzdávané vode, ale vzduchu v interiéri. Vykurovací faktor taktiež klesá so snižujúcou sa teplotou vonkajšieho vzduchu. Najčastejšie sa používa v kombinácii s elektrickými vykurovacími jednotkami. Taktiež sa používajú pre temperáciu garáží, dielní alebo zimných záhrad.

Medzi hlavné výhody patria nízke investičné náklady a jednoduchá a rýchla inštalácia zariadenia. Okrem vykurovania je možné použiť takéto tepelné čerpadlo aj ako klimatizáciu. [24]

Nevýhodou je obmedzenosť len na ohrievanie vzduchu a taktiež nevhodnosť pre domy a byty s väčším počtom malých miestností. Ďalšou nevýhodou môže byť zvýšená cirkulácia vzduchu, ktorá nevyhovuje každému užívateľovi. [22]

## 6 ELEKTRINA

Elektrická energia sa stala každodennou súčasťou života ľudí. Využívame ju viac, než by sme si dokázali uvedomiť. Od osvetlenia jednotlivých častí domu, cez prevádzku domácich spotrebičov napájaných zo zásuviek, až po spotrebiče, ktoré zaisťujú prevádzku domácnosti a zaisťujú nám komfort. Je teda samozrejmosťou, že každá domácnosť je elektrifikovaná – má elektro-prípojku a vyriešenú elektroinštaláciu.

Na elektrickú energiu sa častokrát pozerá ako na najekologickejšiu variantu, ktorá pri používaní na vykurovanie neprodukuje CO<sub>2</sub>. Je potrebné si však uvedomiť, že aj samotná elektrická energia musí byť z niečoho vyrobená. Rozdielom je teda, či je elektrina vyrobená z fosílnych palív (uhlie, zemný plyn), či štiepením jadra, alebo je využívaná energia obnoviteľných zdrojov.

Elektrická energia môže taktiež slúžiť na vykurovanie a ohrev vody. Jednoduchá a bezhlučná prevádzka, jednoduchá regulácia teplotného výkonu a vysoká účinnosť (až 99 %) patria k hlavným výhodám elektrických vykurovacích systémov. Ďalšou nemenej podstatnou výhodou je, že tieto systémy neprodukujú spaliny, prach, ani popol. Táto forma vykurovania však patrí medzi najdrahšie varianty na trhu. Cena elektriny sa však v závislosti od dopytu počas dňa mení – existuje vyššia (drahšia) a nižšia (lacnejšia) sadzba. Vykurovanie elektrinou preto nachádza svoje uplatnenie hlavne u pasívnych domov alebo nízkoenergetických domov, ktoré nemajú veľkú energetickú náročnosť. [36]

### 6.1 PRIAMOVÝHREVNÉ SYSTÉMY

Tieto systémy sú založené na princípe súčasnej výroby tepla a jeho odovzdávaniu teplonosnej látke. Môžu byť umiestnené priamo vo vykurovanej miestnosti, alebo ako prvok centrálného vykurovania. Existujú pre ne špeciálne dvojtarifné sadzby cien elektriny (DD5 a DD6). [36, 37]

#### 6.1.1 SÁLAVÉ PANELY

Patria medzi tzv. radiačné vykurovacie systémy. Ich hlavným rozdielom v porovnaní s konvenčnými ohrievačmi je to, že u konvenčných systémov je vykurovacím telesom ohrievaný vzduch, u sálavých nedochádza k ohrevu vzduchu, ale výmena tepla prebieha sálaním. Žiarivý tok zo sálavých panelov dopadá na predmety (steny, podlaha, nábytok), no z určitej časti sa aj odráža (15 %). Pri dopade dochádza k premene sálavej energie na tepelnú energiu – predmety sa zahrievajú. Vďaka zvýšenej teplote predmetov sa potom následne konvekciou ohrieva aj vzduch. [38]

Výhodou takýchto systémov je hlavne skutočnosť, že je možné dosiahnuť tepelnú pohodu už pri nižších teplotách vzduchu (18 – 19 °C), nakoľko sálavé teplo pôsobí len na osoby a predmety. Tým je možné ušetriť energiou minimálne o 18 až 24 %. V porovnaní s ostatnými systémami vykurovania dochádza len k nepatrnému víreniu vzduchu v miestnosti – obmedzené je teda aj vírenie prachových častíc, čo ocenia hlavne užívatelia s problémami dýchacích ciest (alergici, astmatici). [38]

Sálavé panely sa čoraz viac používajú v moderných interiéroch a priestoroch, ktoré kladú dôraz na dizajn, čistotu prevádzky a funkčnosť. Preto sa vyrábajú v rôznych materiálových – napr. sklenené či mramorové panely, ale aj farebných prevedeniach. Pri tejto alternatíve treba však počítať s vyššími investičnými nákladmi.



Obr. 17: Sálavé panely ECOSUN [63]

### 6.1.2 KONVEKTORY

Sú to elektrické vykurovacie zariadenia premieňajúce privedenú elektrickú energiu na teplo pomocou odporového vodiča, ktorým prúdi elektrický prúd. Teplo je odvádzané prirodzeným prúdením vzduchu do vykurovaného priestoru. Pre zväčšenú cirkuláciu vzduchu sa taktiež dodávajú so zabudovanými ventilátormi.

Sú jednoduché na inštaláciu a nenáročné na prevádzku. Majú vysokú účinnosť a možnosť regulácie. Najčastejšie sú upevňované na stenu, no vyrábajú sa taktiež aj podlahové konvektory. Počiatočné investície sú v ich prípade nízke.



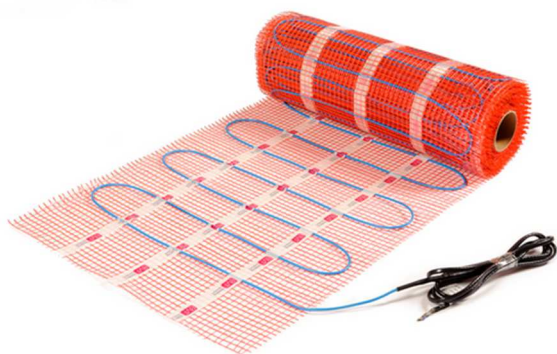
Obr. 18: Nástenné konvektory Adax Neo [64]

### 6.1.3 PODLAHOVÉ, STENOVÉ A STROPNÉ VYKUROVANIE

Z hľadiska konštrukčného prevedenia sa používajú vykurovacie káble alebo vykurovacie fólie, ktoré sa umiestňujú buď do betónovej podlahy odizolovanej zospodu, alebo do stien, či stropov.

#### PODLAHOVÉ VYKUROVANIE

Elektrické podlahové vykurovanie umožňuje zdieľať teplo do vykurovaného priestoru prevažne sálaním (55 %), čo má za následok takmer ideálne priestorové rozloženie teplot - a to nielen v vertikálnom, ale aj horizontálnom smere. Je ideálnym riešením pre nízkoenergetické domy, ktoré sú charakteristické nízkymi tepelnými stratami. Vo veľkých prípadoch je podlahové vykurovanie investične výhodné. [39]



Obr. 19: Elektrická vykurovací rohož  
Caleo H-MAT 150 [65]

Pre rýchlejšiu montáž sa dodávajú káble zmontované do vykurovacích rohoží. V praxi sa umiestňujú najmä do priestorov, kde prichádza podlaha do kontaktu s vodou – kúpeľňa, kuchyňa a vstupná chodba. [39]

## STENOVÉ VYKUROVANIE

Stenové vykurovanie využíva uložený vykurovací kábel alebo fóliu pod omietkou. Povrchová teplota steny môže byť podstatne vyššia, než je teplota podlahy u podlahového vykurovania, nakoľko ohrievaná plocha neakumuluje toľko tepla.

Na stenu je najprv upevnená izolácia, na ktorú sú upevnené vykurovacie káble, fólie, či rohože zakryté omietkou. Ohrievaná plocha by mala byť však oddelená od zvyšku steny dilatálnou špárkou, aby nedošlo k popraskaniu omietky. [40]

Okrem iného, je tento typ vykurovania účinný v boji s problémom, ktorý sa objavil v spojitosti s dokonale tesniacimi izoláciami – tvorba plesní. Stenové vykurovanie zabraňuje totiž vlhnutiu stien. [41]

## STROPNÉ VYKUROVANIE

Stropné vykurovanie nachádza svoje uplatnenie hlavne v priestoroch, v ktorých je veľká časť podlahy zakrytá nábytkom. Zdrojom tepla sú vykurovacie fólie v kombinácii so sadrokartónom, ktorý zaisťuje rovnomerné ohrievanie a rozloženie vnútornej teploty interiéru. [42]

## 6.2 AKUMULAČNÉ SYSTÉMY

Akumulačné systémy vykurovania predstavujú úsporný systém pracujúci na báze akumulovania tepla v nočných hodinách, ktoré je neskôr – počas dňa, odovzdávané do vykurovaného priestoru. Akumulácia prebieha v čase nízkej ceny elektrickej energie, preto patrí tento typ vykurovania, zo všetkých možností elektrického vykurovania, k ekonomicky výhodnejším. [43]

### 6.2.1 AKUMULAČNÉ KACHLE

Kachle tohto typu sa skladajú z tepelne izolovaného plášťa, ktorý obsahuje vysoko výhrevné jadro pozostávajúce napr. z magnezitových tehál (medzi nimi sú uložené

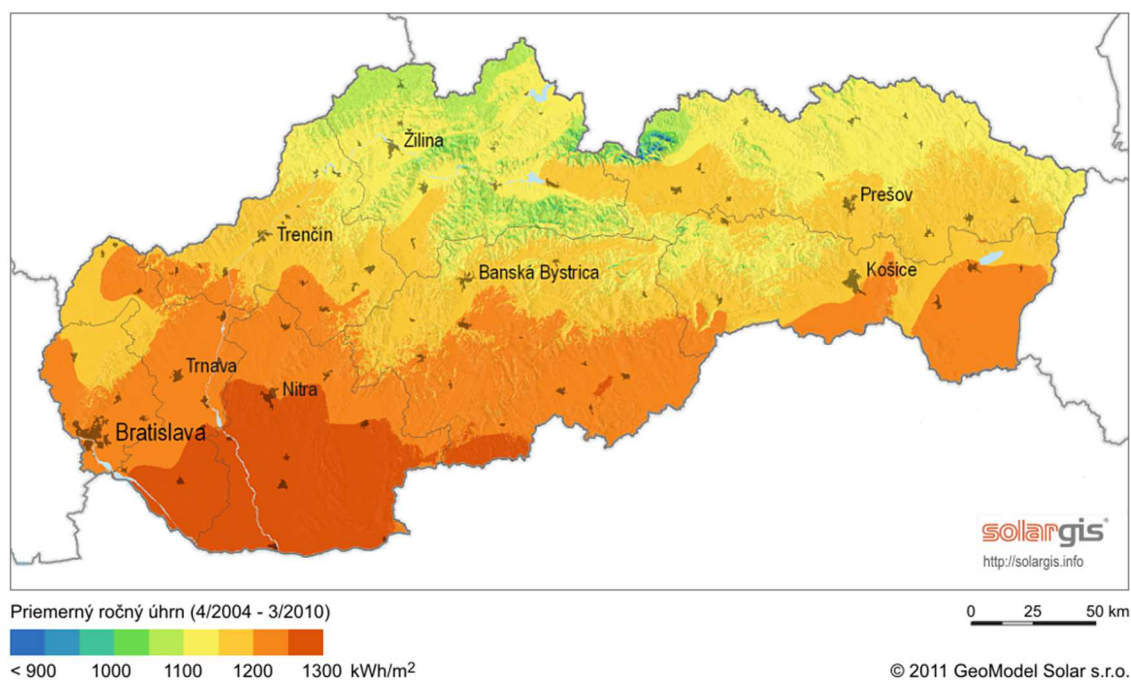
vykurovacie tyče). V dobe nízkej sadzby sa ukladá teplo v akumuláčnych tehlách, aby sa počas energetickej špičky mohlo využiť k vykurovaniu. K tzv. „vybíjaniu“ dochádza buď prirodzeným prúdením vzduchu (statické akumuláčne kachle), alebo podpornou ventiláciou pomocou ventilátora (dynamické akumuláčne kachle). Nevýhodou pre užívateľa môžu byť väčšie rozmery a hmotnosť. Takisto, cena akumuláčnych kachlí je v porovnaní s klasickými elektrickými konvektormi niekoľkonásobne vyššia. [42]

## 7 ENERGIA SLNKA- SOLÁRNE SYSTÉMY

Slnčná energia je základnou podmienkou života na Zemi. Z energetického pohľadu je nevyčerpatelným zdrojom energie, ktorý sa využíva počnúc pasívnymi solárnymi riešeniami – napr. okná na juhu budovy, až po aktívne riešenia akými sú: ohrev úžitkovej vody, výroba elektriny a vykurovanie. Výhodou slnečnej energie je aj to, že je rovnomernejšie rozmiestnená v porovnaní so svetovými zásobami neobnoviteľných zdrojov. Nemožno ju však zatiaľ považovať za rovnocennú náhradu fosílnych palív pre jej nízku koncentráciu, ktorá vedie k nízkej účinnosti premeny. Jej využívanie však nijak nezaťažuje životné prostredie.

Využívanie slnečnej energie má však svoje úskalia. Jedným z nich je ťažká skladovateľnosť, nakoľko je ťažké akumulovať túto formu energie dlhodobo. Taktiež počas zimy nastáva riziko nedostatku solárnej energie, ktoré sa eliminuje zvyšovaním pokrytej plochy. Naopak počas leta, v porovnaní so zimnými mesiacmi, jej býva značný prebytok.

Množstvo dopadnutej solárnej energie na zemský povrch závisí hlavne na počte hodín solárneho svitu, výške slnka nad obzorom, nadmorskej výške, miere znečistenia atmosféry a oblačnosti. Preto je dôležité dbať na výber lokality pri budovaní nového solárneho systému. [25]



Obr. 20: Globálne horizontálne žiarenie - Slovensko [26]

Solárne systémy možno rozdeliť do dvoch skupín:

- fototermické systémy
- fotovoltaické systémy



## 7.1 FOTOTERMICKÉ SYSTÉMY

Tieto systémy sa primárne používajú k celoročnému ohrevu teplej vody, ohrevu bazé-novej vody a takisto aj k prikurovaniu budov či už teplovodným alebo teplovzdušným vykurovaním. [27]

Jednoduchý fototermický systém sa skladá z nasledovných častí: [27]

- **solárny kolektor** – zberač tepla, ktorý nie je priamo pripojený ku zásobníku vody (má vlastný okruh). Jeho najdôležitejším prvkom je absorbér, ktorý pohlcuje slnečné žiarenie a premieňa ho na teplo, ktoré ohrieva teplotnosné médium<sup>Y</sup> prúdiace v jeho rúrkach. Umiestnením sklenej tabule nad absorbér je možnosť využívať vznikajúci skleníkový efekt.
- **zásobník** – nádoba s ohrievanou vodou, v ktorej sú umiestnené výmenníky tepla pre kolektor a ústredné kúrenie. Jeho objem väčšinou odpovedá ploche kolektorov.
- **slnečný výmenník** – privádza ohriatu vodu z okruhu slnečného kolektora
- **výmenník tepla pre ústredné kúrenie** – slúži na doplnkové ohrievanie úžitkovej vody (najmä pri nedostatku slnečnej energie), ale aj ohrev vody ústredného kúrenia.
- **expanzná nádrž** – slúži na vyrovnanie tlaku vplyvom pomerného kolísania teplôt
- **poistný ventil** – ochraňuje systém proti náhlemu zvýšeniu tlaku pri výpadku elektriny.
- **obehové čerpadlo**
- **regulačná jednotka**



*Obr. 21: Solárny systém rodinného domu*

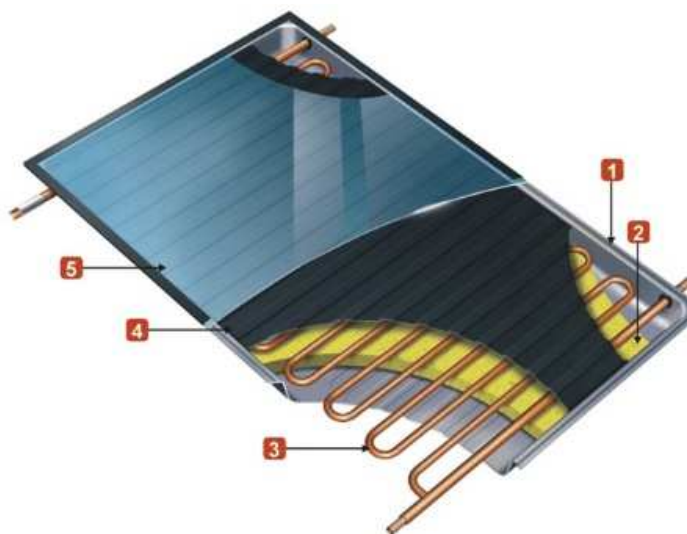
- 1 – slnečný kolektor  
 2 – zásobník s výmenníkmi tepla  
 3 – expanzná nádrž  
 4 – obehové čerpadlo  
 5 – regulačná jednotka  
 6 – kotol [28]

Kolektory možno rozdeliť podľa použitého teplotnosného média na kvapalinové, vzduchové, resp. kombinované. Podľa tvaru sa delia na ploché, trubicové a koncentračné.

### 7.1.1 PLOCHÉ KOLEKTORY

Sú najčastejšou voľbou pre ohrev vody v domácnostiach. Ich absorbér má tvar plochej dosky so zalisovanou rúrkou pre teplonosné médium a je uložený pod ochranným sklom. Sú izolované pomocou tepelnoizolačnej podložky alebo vákua (vákuové). [28]

Pri optimálnych podmienkach a zaistenom vysokom výkone je možné pomocou plochého kolektora dosiahnuť až 70 % úspory na ohrev teplej úžitkovej vody. Ďalšími jeho výhodami sú: pomer cena/výkon, dlhá životnosť (vďaka vysokokvalitným materiálom – min. 20 rokov) a dosahovanie vyšších výkonov v letných mesiacoch. V prípade vákuových kolektorov je potrebné v zimných mesiacoch ich očistiť od prípadnej námrazy. [29]



Obr. 22: Konštrukcia plochého kolektora

1 – hliníková vaňa, 2 – minerálna vlna, 3 – medené potrubie,  
4 – absorbér (medený/hliníkový plech) so selektívnou vrstvou, 5 – sklená tabuľa [28]

### 7.1.2 TRUBICOVÉ KOLEKTORY

Tieto kolektory sú špecifické tým, že majú absorbér uložený v sklenej trubici izolovanej vákuom (absolútny tlak  $< 10^{-3}$  Pa). Podľa konštrukcie ich možno deliť na:

- kolektory s priamym prúdením teplonosného média
- kolektory s tepelnou trubicou „Heat Pipe“

U technológie „Heat Pipe“ kvapalina neprúdi priamo cez trubice. Namiesto toho prúdi v špeciálnej tepelnej trubici s vysoko selektívnym povrchom – absorbérom, kde sa vyparuje. Para v trubici stúpa až na jej horný koniec, kde je umiestnený malý výmenník tepla. Tu už kondenzuje a odovzdáva teplo teplonosnému médiu. Kondenzát stečie späť do tepelnej trubice a kolobeh sa opakuje. [28, 30]

Trubicové kolektory mají v porovnání s plochými, vysokou účinnost v celom rozsahu teplôt vďaka vysokej miere absorpcie tepla. Vákuum zaisťuje vysokú tepelnú izoláciu a tým účinný prenos tepla so zanedbateľnými stratami. Konštrukčne sú však náročnejšie a v porovnaní s plochými kolektormi cenovo drahšie. Počas zimných mesiacov hrozí namrzanie snehu medzi trubicami, čo môže mať za následok zníženie ich účinnosti. [30]



Obr. 23: Konštrukcia trubicového kolektora „Heat Pipe“

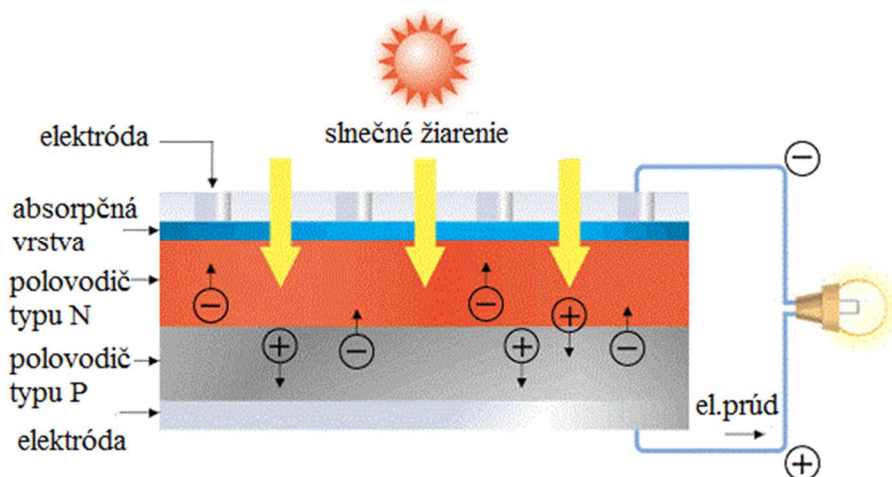
1 – vákuová sklená trubica, 2 – tepelná trubica „Heat Pipe“, 3 – absorbér,  
4 – výmenník tepla (kondenzátor), 5 – zberná medená rúrka, 6 – tepelná izolácia [28]

## 7.2 FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY

Sú jednoduchým a elegantným spôsobom na získavanie elektrickej energie zo slnečného žiarenia. Základným princípom ich funkcie je fotovoltaiický jav – častice svetla (fotóny) dopadajú na článok a svojou energiou „vyrážajú“ elektróny, ktoré polovodičová štruktúra fotovoltaiického článku usmerňuje na jednosmerný prúd.

Fotovoltaiika je považovaná za trvale udržateľnú technológiu a to hlavne z dôvodu využitia najdostupnejšieho zdroja energie – slnečného žiarenia, a taktiež z návratnosti energie vlozenej do výroby fotovoltaiických panelov, ktorá je odhadovaná zhruba na 2 roky. [31]

Elementárnym prvkom fotovoltaiického panelu je solárny článok. Jedná sa o polovodičový veľkoplošnú diodu s aspoň jedným P-N prechodom. Jeho základom je tenká kremíková doštička s vodivosťou typu P. Pri výrobe je na ňu nanosená tenká polovodičová vrstva typu N, ktorá je od nej oddelená P-N prechodom. V prechodovej vrstve P-N vzniká elektrické pole vysokej intenzity. Ono uvádza do pohybu voľné nosiče náboja, ktoré vznikajú absorpciou svetla. Pripojením spotrebiča k článku – pomocou vodičov, začne obvodom prechádzať elektrický prúd. Paralelným alebo aj sériovým zapojením solárnych článkov vzniká pri ich zapúzdrení solárny (fotovoltaiický) panel. [1, 32]



Obr. 24: Schéma solárneho článku [66]

Energetická účinnosť premeny slnečného žiarenia na elektrickú energiu je u súčasných hromadne vyrábaných článkov 14 až 16 %. Celková priemerná využiteľnosť systému vzhľadom na jeho konštrukciu a pracovné podmienky je udávaná na 7 až 11 %. [1]

Fotovoltaické panely sú často zdrojom elektrickej energie používanej pre ohrev úžitkovej vody, osvetlenie, napájanie spotrebičov ale aj elektrických výhrevných systémov, v kombinácii s konvenčnými druhmi vykurovania (kúrenie tuhým palivom, plynom, atď.). Podľa druhu použitých článkov, z ktorých sa skladajú, ich možno rozdeliť na amorfné, polykryštalické a monokryštalické panely.

### 7.2.1 AMORFNÉ PANELY

Základom týchto panelov je naparovaný kremík. Je nanosený v tenkej vrstve na fóliu alebo sklo. Účinnosť amorfných panelov sa pohybuje v rozmedzí 8 – 9%. Pri rovnakom inštalovanom výkone je potrebná približne 2-krát väčšia plocha, než by jej bolo potrebné použiť v prípade monokryštalických panelov. Ich ďalšou výhodou je aj skutočnosť, že dokážu spracovať oveľa širšie spektrum slnečného žiarenia – vo veľkej miere hlavne difúzne žiarenie, čo sa prejaví vo vyššom celoročnom výnose. [33]

### 7.2.2 POLYKRYŠTALICKÉ PANELY

Ich základom je kremíková podložka. Články panelu sa skladajú z väčšieho počtu menších polykryštálov a sú navzájom pospájané kremíkovými páskami. Udávaná účinnosť sa pohybuje od 10 do 14 %. Výhodou takýchto panelov je schopnosť vyrábať elektrickú energiu bez priameho osvetlenia (difúzne žiarenie). Cena, v porovnaní s monokryštalickými panelmi, je nižšia. Nevýhodou je však nižšia účinnosť, ktorá s časom klesá. [33, 34]

### 7.2.3 MONOKRYŠTALICKÉ PANELY

Základom je – podobne ako u polykryštalických panelov, kremíková podložka. Sú vyrobené z doštičiek monokryštalického kremíka, ktoré sa vyrábajú ťahaním z roztaveného kremíka. Vyznačujú sa účinnosťou 13 – 17% a dlhou stabilitou výkonu. Nedostatkom je však veľmi nízky až nepoužiteľný výkon pri malej intenzite osvetlenia. V porovnaní s ostatnými druhmi sú podstatne drahšie a náročnejšie na výrobu. [33, 34]

## 8 NÁVRH VYKUROVANIA PRE MODELOVÝ DOM

Návrh vykurovania pre danú nehnuteľnosť je veľmi podstatnou záležitosťou. Pred samotným návrhom je však dôležité poznať celkovú energetickú náročnosť domu, ktorá závisí od veľa činiteľov. Sú nimi napr.: lokalita budovy – dané podnebné pásmo (s tým úzko súvisiace priemerné ročné teploty); konštrukčné riešenie stien, strechy a izolácie; požadovaná vnútorná teplota; počet obyvateľov; ohrev TÚV a celkové tepelné straty.

Prvým krokom v návrhu je výpočet celkových tepelných strát danej nehnuteľnosti, pomocou ktorých sa následne určí teplo potrebné na vykurovanie. Podľa získaných hodnôt sa vyberá vhodný zdroj tepla tak, aby jeho výkon dokázal pokryť potrebné teplo určené v predošlom kroku.

### 8.1 MODELOVÝ DOM – POPIS

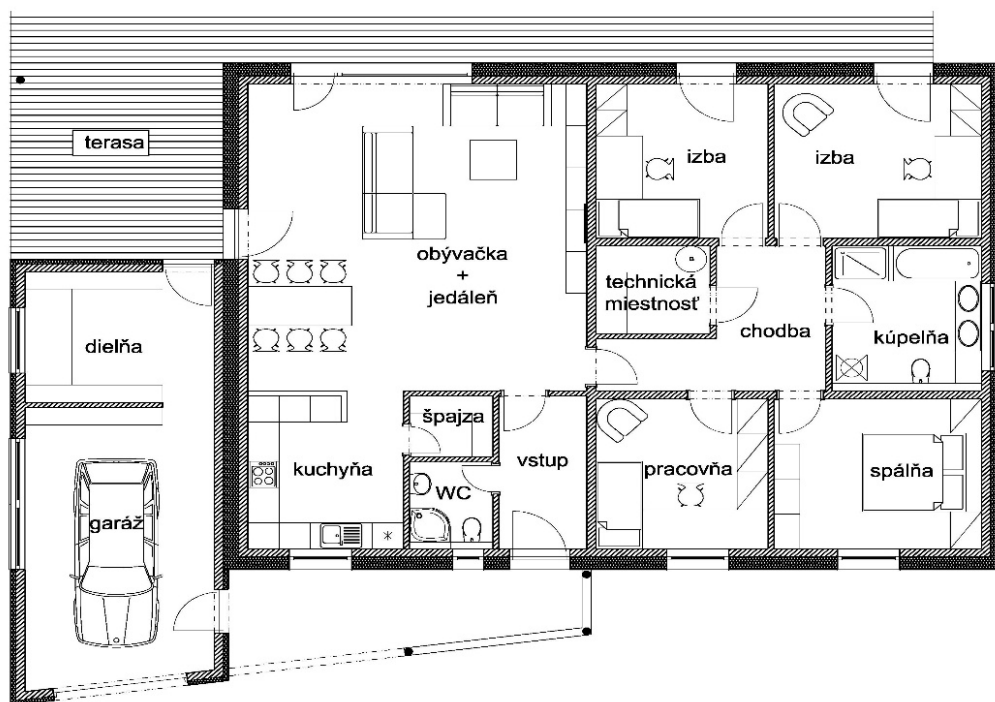
Vybraný modelový dom sa nachádza na Slovensku, v obci Bohdanovce - okres Košice, v Košickom samosprávnom kraji. S nadmorskou výškou 210 m.n.m spadá do teplej klimateckej oblasti (do 400 m.n.m), ktorá má priemerné teploty 8 – 10°C a ročný úhrn zrážok 520 – 750 mm. Jedná sa o samostatne stojaci pasívny dom s garážou a dielňou na pozemku s minimálnym sklonom, umiestnený na okraji zástavby nových rodinných domov. Celková úžitková plocha tvorí 179,4 m<sup>2</sup>, ktorú budú obývať 4 osoby. Bol vybudovaný v roku 2014.

Obvodové a aj vnútorné nosné múry sú vymurované z vápennopieskovcových tvárnic Kalksandstein hrúbky 175 mm. Tepelná izolácia fasády je realizovaná systémom na báze EPS MultiTherm hrúbky 300 mm.

Výplňové konštrukcie – vonkajšie okná, dvere a zasklené steny, sú drevoaluminiové zasklené izolačným sklom.



*Obr. 25: Rodinný dom - Bohdanovce*



Obr. 26: Zobrazenie pôdorysu modelového domu

## 8.2 ENERGETICKÁ NÁROČNOSŤ MODELOVÉHO DOMU

Nakoľko ide o novostavbu, ku výkresovej dokumentácii domu bolo vypracované energetické hodnotenie budovy, taktiež však aj posúdenie pomocou výpočtov v programe PHPP (Passive House Planing Package), ktorý je v porovnaní s energetickým hodnotením podrobnejší. Pre návrhy jednotlivých alternatív vykurovania som sa rozhodol použiť hodnoty práve z tohto programu.

### 8.2.1 VÝPOČÍTANÉ HODNOTY POMOCOU PROGRAMU PHPP

Tento program vychádza z európskej normy EN ISO 13 790 a bol vyvinutý pre výpočet pasívnych domov v Passivhaus Institute Darmstadt, Nemecko. Vo výpočte sa uvažuje vnútorná teplota 20,0 °C. V nasledujúcej tabuľke sú uvedené základné hodnoty z výpočtu pomocou tohto programu.

Celková vykurovaná plocha	$S_v = 145,2 \text{ m}^2$
Celkové tepelné zisky	$Q_G = 3630 \text{ kWh/rok}$
Celkové tepelné straty	$Q_L = 5774 \text{ kWh/rok}$
Merná spotreba tepla na vykurovanie	$q_H = 15 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$
Ročná spotreba tepla na vykurovanie	$Q_H = 2144 \text{ kWh/rok}$

Tab. 2: Súhrn výpočtových hodnôt stanovených pomocou programu PHPP

## 8.2.2 VÝPOČET ENERGIE POTREBNEJ NA OHREV TÚV

Nakoľko program PHPP neslúži aj na výpočet potrebnej energie na ohrev TÚV, bolo potrebné túto hodnotu vyčísliť. Pre jej výpočet som preto použil voľne dostupný online kalkulátor na serveri *www.tzb-info.cz*. Uvedený kalkulátor je však určený pre lokality Českej republiky. Ako adekvátnu náhradu som preto použil lokalitu Kroměříž, ktorá má s modelovým domom pomerne rovnakú nadmorskú výšku (rozdiel 3 m.n.m). Ďalšie parametre ako: dĺžka vykurovacieho obdobia, vonkajšia výpočtová teplota, stredná denná vonkajšia teplota pre začiatok a koniec vykurovacieho obdobia a priemerná teplota počas vykurovacieho obdobia, som určil pomocou Tab. 5 pre lokalitu Košice.

lokality	podľa STN 06 0210		vykurovacie obdobie			
	nadmorská výška (m)	$t_e$ (°C)	$t_{e,s}$ (°C)	$d_s$ (-)	$t_{e,s}$ (°C)	$d_s$ (-)
Banská Bystrica	362	-18	3,4	237	4,5	264
Bratislava	142	* -12 v	4,4	213	5,2	233
Komárno	112	-12	4,3	215	5,2	235
Košice	205	* -15 v	3,5	230	4,5	254
Nitra	190	-12	4,3	216	5,1	237
Poprad	675	* -18 v	2,6	270	4,1	310
Prešov	257	* -15 v	3,3	230	4,3	253
Trenčín	211	-15	4,1	229	5,1	254
Žilina	344	-18	3,4	250	4,8	286

Tab. 3: Vonkajšie výpočtové teploty a vykurovacie obdobia podľa lokalít [44]

The screenshot shows the PHPP calculator interface. Key inputs include:
 

- Location: Kroměříž
- Outdoor temperature:  $t_e = -15$  °C
- Heating period:  $d = 230$  [dny]
- Intermediate temperature:  $t_{es} = 3.5$  °C
- Heating energy:  $Q_{TUV,d} = 25.7$  kWh
- Total heating energy:  $Q_{TUV,r} = 29.3$  GJ/rok (8.1 MWh/rok)

Tab. 4: Spotreba energie pre ohrev TÚV [45]

Celkové potrebné teplo na vykurovanie a ohrev TÚV:

$$Q_C = Q_H + Q_{TUV} = 2144 + 8\,100 = 10\,244 \text{ kWh/rok}$$



## 8.3 AKTUÁLNÝ VYKUROVACÍ SYSTÉM

Momentálny systém na vykurovanie a ohrev TÚV modelového domu využíva elektrickú energiu. Pozostáva z piatich nástenných elektrických konvektorov **PROTHERM 1000 W** umiestnených v oboch izbách, spálni a pracovni. Do miestností s keramikou dlahou - vstupná chodba, hlavná kúpeľňa a kuchyňa, sú nainštalované elektrické vykurovacie rohože **Fenix Ecofloor Comfort Mat 1000 W** (príkon 160 W/m<sup>2</sup>). Verzia rohože s príkonom 500 W je použitá do kúpeľne pri vstupnej chodbe. Súčasťou rohoží sú programovateľné termostaty s dotykovým displejom a podlahovou sondou. [51, 52]

Doplňkovými zariadeniami sú ešte elektrické rebríkové radiátory **Fenix KD-E 600 x 960 – 400 W** nachádzajúce sa v oboch kúpeľniach [53]. Pre priamovýhrevné elektrické telesá existuje špeciálna sadzba ceny elektriny DD5 – v ktorej nízka tarifa (NT) je spoplatnená sumou 0,1043 €/kWh [54]. Ohrev TÚV je v tomto prípade zabezpečený bojlerom **Tatramat OVK 200 L** s príkonom 2000 W.

$$N_{el} = Q_C \times C_{el(NT)} + 12 \times C_{dis} = 10\,244 \times 0,1043 + 12 \times 12,52 = 1\,218,7 \text{ €}$$

$N_{el}$	Ročné náklady na vykurovanie a ohrev TÚV elektrinou	[€]
$C_{el}$	Cena za elektrinu – sadzba DD5- NT	[€/kWh]
$C_{dis}$	Cena za distribúciu elektrickej energie – sadzba DD5 - NT	[€/mesiac]

Elektrický konvektor – PROTHERM 1000 W	5ks	5 × 76,00 €
Elektrická rohož – Ecofloor Comfort Mat 160/3(500 W)	1ks	1 × 205,30 €
Elektrická rohož – Ecofloor Comfort Mat160/6,1(1000 W)	3ks	3 × 280,50 €
Rebríkový radiátor – Fenix KD-E 600 x 960 – 400 W	2ks	2 × 135,70 €
Bojler Tatramat OVK 200 L	1ks	1 × 278,20 €
Ročné náklady na vykurovanie a ohrev TÚV elektrinou		<b>1 218,70 €</b>
Investičné náklady		<b>1 976,40 €</b>

Tab. 5: Celkové prevádzkové a investičné náklady na vykurovanie elektrinou

## 8.4 ALTERNATÍVNE NÁVRHY VYKUROVANIA

### 8.4.1 NÁVRH ROZVODOV ÚSTREDNÉHO KÚRENIA

Nakoľko sa jedná o novostavbu bez rozvodov ústredného kúrenia, radiátorov a komínu na spaliny, je potrebné tieto položky najprv navrhnuť a odhadnúť ich cenu. Odhadovaná cena inštaláčného materiálu je 900 €, a cena inštaláčnych prác 1100 €. Na odťah spalín by bola použitá komínová zostava Stiebel Absolut celkovej výšky 5 m určená taktiež pre kondenzačné kotle [55]. Jej cena je 1153 €. Odhadovaná cena jednotlivých radiátorov je uvedená spolu s ostatnými položkami v Tab. 6.

Celkové investičné náklady na tieto položky sú použité pri ďalších výpočtoch jednotlivých návrhov.

Doskový radiátor Korado VK22 500/1100	5ks	5 × 93,70 €
Doskový radiátor Korado VK22 500/800	1ks	1 × 80,50 €
Doskový radiátor Korado VK22 300/500	1ks	1 × 61,12 €
Rebríkový radiátor Thermal Trend KD 750/1850	1ks	1 × 73,46 €
Komínová zostava Schiedel Absolut 18/90° 5 m		1 153,00 €
Inštalačný materiál		900,00 €
Montážne práce		1 100,00 €
Investičné náklady (rozvody, radiátory, komínová zostava, montáž)		<b>3 836,58 €</b>

Tab. 6: Celková odhadovaná cena potrebných úprav

## 8.4.2 KONDENZAČNÝ PLYNOVÝ KOTOL

Prvou voľbou v rámci návrhu alternatívneho riešenia vykurovania je závesný konden-začný kotol **Protherm Panther Condens 12 KKO** s externým zásobníkom **Protherm B60Z** o objeme 58 l na prípravu TÚV. Udávaný výkon kotla pri teplotnom spáde 50/30°C je 4,4 – 13,2 kW. Normovaný stupeň využitia kotla je pri teplotnom spáde 40/30°C až 109,5 %. Voda v zásobníku je prednostne nahrievaná vykurovacou vodou. Kotol má nerezový kondenzačný výmenník, vstavanú ekvitermickú reguláciu a turbo odvod spalín. [46]

Zaobstarávacia cena kotla je 1470 € – vrátane externého zásobníka, snímača teploty teplej vody a trojcestného ventilu. Cena plynu dodávaného spoločnosťou SPP činí 0,0456 €/kWh s DPH pre sadzbu D2

$$N_{plyn} = \frac{Q_C}{\eta_{KK}} \times C_{plyn} = \frac{10\,244}{1} \times 0,0456 = \mathbf{467,1 \text{ €}}$$

$N_{plyn}$	Ročné náklady na vykurovanie a ohrev TÚV plynom	[€]
$Q_C$	Celkové potrebné teplo na vykurovanie a ohrev TÚV	[kWh]
$\eta_{KK}$	Účinnosť kondenzačného kotla	[-]
$C_{plyn}$	Cena za plyn	[€/kWh]

$$T_{Nplyn} = \frac{I_{plyn} - I_{el}}{N_{el} - N_{plyn}} = \frac{5306,58 - 1976,40}{1218,70 - 467,10} = \mathbf{4,4 \text{ roka}}$$

$T_{Nplyn}$	Doba návratnosti celkovej investície vykurovania plynom	[rok]
$I_{plyn}$	Počiatkové investície na vykurovanie a ohrev TÚV plynom	[€]
$I_{el}$	Počiatkové investície na vykurovanie a ohrev TÚV elektrinou	[€]

Kondenzačný kotol – Protherm Panther Condens 12KKO	1 470,00 €
Rozvody ústredného kúrenia, radiátory, komín, montáž	3 836,58 €
Ročné náklady na vykurovanie a ohrev TÚV plynom	<b>467,10 €</b>
Investičné náklady	<b>5 306,58 €</b>

Tab. 7: Celkové prevádzkové a investičné náklady na vykurovanie plynom

### 8.4.3 AUTOMATICKÝ KOTOL NA PELETY

Ako ďalšiu alternatívu v rámci vykurovania modelového domu som zvolil automatický kotol na pelety **Atmos D14P** dodávaný spolu s horákom. K takémuto kotlu je však potrebné zakúpiť aj zásobník na pelety – v tomto prípade som zvolil zásobník o celkovom objeme 250l taktiež od toho istého výrobcu. Kotol je konštruovaný na plne automatickú prevádzku – doprava peletiek je zabezpečená šnekovým dopravníkom, výkon kotla je regulovaný elektronicky. V prípade potreby je možné demontovať horák na pelety a vykurovať v kotli drevom. Výkon kotla udávaný výrobcom je 4 – 14 kW, a jeho účinnosť 90 až 93%. Pre možný ohrev vody je potrebné zabezpečiť akumuláciu nádrž. Rozhodol som sa pre nádrž **Attack TUV 200** s možnosťou elektrického ohrevu vody. Predpísaným primárnym palivom sú pelety s priemerom 6 – 8 mm.[47, 48, 49]

Výhrevnosť peliet uvažujem 18 MJ/kg a ich cenu 216 €/t [50]. Celková cena spotrebovaných peliet a ich množstvo sú vyhodnotené v nasledujúcich výpočtoch.

$$Q_{Pel(kWh)} = \frac{Q_{Pel(MJ)}}{3,6} = \frac{18,0}{3,6} = 5 \text{ kWh/kg}$$

$Q_{Pel(kWh)}$	Výhrevnosť peliet v kWh/kg	[kWh/kg]
$Q_{Pel(MJ)}$	Výhrevnosť peliet v MJ/kg	[MJ/kg]

$$X_{Pel} = \frac{Q_C}{\eta_K \times Q_{Pel(kWh)}} = \frac{10\,244}{0,9 \times 5} = 2277 \text{ kg} = 2,277 \text{ t}$$

$X_{Pel}$	Potrebné množstvo peliet na vykurovaciu sezónu	[kg]
$\eta_K$	Účinnosť automatického kotla	[-]
$Q_{Pel(kWh)}$	Výhrevnosť peliet v kWh/kg	[kWh/kg]

$$N_{Pel} = X_{Pel} \times C_{Pel} = 2,277 \times 216,0 = 491,8 \text{ €}$$

$N_{Pel}$	Ročné náklady na vykurovanie a ohrev TÚV peletami	[€]
$C_{Pel}$	Cena za tonu peliet	[€/t]

$$T_{N_{plyn}} = \frac{I_{pel} - I_{el}}{N_{el} - N_{pel}} = \frac{6\,538,86 - 1\,976,40}{1\,218,70 - 491,80} = \mathbf{6,3 \text{ roka}}$$

$T_{N_{pel}}$	Doba návratnosti celkovej investície vykurovania peletami	[rok]
$I_{pel}$	Počiatkové investície na vykurovanie a ohrev TUV peletami	[€]
$I_{el}$	Počiatkové investície na vykurovanie a ohrev TUV elektrinou	[€]

Celkové prevádzkové náklady na vykurovanie peletami vrátane zaobstarania kotla, zásobníka na pelety, akumuláčnej nádrže, rozvodov ústredného kúrenia, radiátorov, komínovej zostavy a montáže sú vyhodnotené v Tab. 8.

Automatický kotol – Atmos D14P	1 045,00 €
Zásobník na pelety – Atmos, 250L	271,30 €
Akumulačná nádrž – Attack TUV, 200L	1 386,00 €
Rozvody ústredného kúrenia, radiátory, komín, montáž	3 836,58 €
Ročné náklady na vykurovanie a ohrev TUV peletami	<b>491,80 €</b>
Investičné náklady	<b>6 538,86 €</b>

Tab. 8: Celkové prevádzkové a investičné náklady na vykurovanie peletami

## 8.5 ZHODNOTENIE

Pri konečnom zhodnotení prevádzkových nákladov zariadení jednotlivých návrhov vykurovania som dospel k záveru, že najlacnejšou variantou pre daný modelový dom, je vykurovanie pomocou plynového kondenzačného kotla **Protherm Panther Condens 12KKO**, ktorého celková ročná spotreba plynu predstavuje sumu **467,1 €**. U tohto návrhu je doba návratnosti počiatkovej investície, v porovnaní s vykurovaním peletami kratšia.

Zdroj energie	Investičné náklady [€]	Náklady na prevádzku [€]	Návratnosť [rok]
Elektrina	<b>1 976,40</b>	1 218,70	-
Plyn	5 306,58	<b>467,10</b>	<b>4,43</b>
Pelety	6 538,86	491,80	6,28

Tab. 9: Porovnanie celkových nákladov jednotlivých návrhov vykurovania modelového domu

Na druhej strane, cena vykurovania peletami, v porovnaní s vykurovaním kondenzačným kotlom, nie je veľmi rozdielna (rozdiel + 24,70 €). Táto skutočnosť môže byť zapríčinená charakterom domu, ktorý sa vyznačuje malou hodnotou potrebného tepla na vykurovanie, čím sa do popredia dostávajú práve investičné náklady. Tie sú u návrhu vykurovania peletami najvyššie zo všetkých alternatív (viac ako 3-násobné v porovnaní s elektrickou variantou).

Vykurovanie biomasou môže byť však pre užívateľov v mnohých prípadoch jedinou možnosťou, ako zabezpečiť vykurovanie aj v lokalitách, kde nie je dostupnosť plynu. Taktiež, od roku 2009 je v Slovenskej republike možnosť využiť príspevok zo štátneho dotačného programu na nákup kotla na biomasu až do výšky 30 % nákupnej ceny (maximálne 1000 €), to však za splnenia určitých podmienok. Táto skutočnosť z časti znižuje investičné náklady (tým aj dobu návratnosti počiatočnej investície) a nestavia tak vykurovanie biomasou do nevýhody oproti ostatným typom vykurovania.

Z hľadiska prevádzky zariadenia patrí vykurovanie plynom a elektrinou ku komfortnejším alternatívam. Podľa výpočtu sú ročné prevádzkové náklady na vykurovanie a ohrev TUV elektrickou energiou najvyššie (približne 2,5-krát väčšie než prevádzkové náklady ostatných alternatív). Vzhľadom na to, že počiatočné investície sú uňho najnižšie, je častokrát jasnou voľbou pre budúcich majiteľov pasívnych domov. Nemalou výhodou je aj skutočnosť, že stavba je realizovaná bez zásahov do múrov, ktoré by si vyžiadala montáž rozvodov ústredného kúrenia.

## ZÁVER

Cieľom tejto bakalárskej práce bolo zhrnúť poznatky v rámci najmodernejších trendov v oblasti vykurovania rodinných domov. V dnešnej dobe sa čoraz viac kladie dôraz na efektívnosť jednotlivých druhov vykurovania, ich vplyv na životné prostredie a ekonomická náročnosť. Uvedené aspekty som sa snažil popísať a zhrnúť v predošlých kapitolách zvlášť pre každý druh vykurovania. Na druhej strane sa taktiež kladie veľký dôraz aj na užívateľský komfort a tepelnú pohodu, ktoré sú častokrát významným činiteľom v rozhodovaní sa pre konkrétny typ vykurovania.

V rámci budúcnosti vykurovania rodinných domov prebieha nepretržitá inovácia a zefektívňovanie spaľovania fosílnych palív (plyn, uhlie), ktoré neustále tvoria väčšinu časť spotreby, ale aj rozširovanie možností využívania obnoviteľných zdrojov energie (slnečné žiarenie, voda, vietor, geotermálna energia). Veľká časť inovácie sa zameriava aj na tepelnú izoláciu budov, ktorá v značnej miere prispieva efektívnemu využívaniu týchto zdrojov. Technologické pokroky a nové inovatívne riešenia sú vzhľadom na narastajúcu energetickú spotrebu obyvateľov Zeme neustále potrebné. (Príkladom môže byť nízkoefektívne využívanie energetického potenciálu uhlia, ktorého dopyt zaznamenal najväčší nárast počas priemyselnej revolúcie, kedy spaľovacie zariadenia nemali až tak vysokú účinnosť v porovnaní so súčasnými zariadeniami). Priamoúmerne s technologickou vyspelosťou vykurovacích zariadení rastie aj ich cena. Ceny fosílnych palív sa odvíjajú vzhľadom na odhadované množstvo zásob a ich momentálny dopyt po nich. Je však samozrejmé, že ich zásoby sa znižujú, preto už dnes je potrebné zodpovedne pristupovať k využívaniu akéhokoľvek zdroja energie nielen z hľadiska efektívnosti, ale aj dopadu na životné prostredie. Krátky odhadovaný výpočet celkových nákladov u jednotlivých druhov vykurovania pre konkrétny dom som previedol v druhej – záverečnej časti tejto bakalárskej práce.

Jednotlivé návrhy vykurovania pre modelový dom som volil vzhľadom na momentálny zdroj energie modelového domu – zvolené boli alternatívy využívajúce iné zdroje energie (plyn a biomasa – pelety), než je ten pôvodný. V tejto časti boli taktiež odhadnuté prvotné investičné náklady pre každú alternatívu. Vzhľadom na to, že modelový dom má realizovaný elektrický systém vykurovania, ktorý nepotrebuje k svojej prevádzke rozvody ústredného kúrenia a ani komín na odvod spalín, musel som ich odhadovaný návrh vyčísliť tak, aby ich bolo možné započítať do jednotlivých investičných nákladov navrhovaných alternatív vykurovania.

Z hľadiska prevádzkovej ceny sa pre mnou zvolený modelový dom javí vykurovanie plynovým kondenzačným kotlom ako najlacnejší návrh. Jeho počiatkové investičné náklady sú však v porovnaní s pôvodným elektrickým vykurovacím systémom viac ako dvojnásobné. Pre vykurovanie automatickým kotlom na pelety sú prevádzkové náklady o málo vyššie, než prevádzkové náklady vykurovania plynom. Investičné náklady sú však najvyššie a to vzhľadom na nutnosť zakúpenia viacerých zariadení zabezpečujúcich automatickú prevádzku kotla a ohrev TUV.

Pre konkrétny modelový dom je z hľadiska počiatkovej investície najlacnejšie momentálne realizované vykurovanie elektrickou energiou, pri ktorého realizovaní odpadá majiteľovi domu akýkoľvek zásah do múrov novostavby. Prevádzková cena je však v porovnaní s navrhnutými alternatívami najvyššia (až 2,5-krát vyššia). Je treba však podotknúť, že modelový dom sa množstvom tepla potrebného na vykurovanie

(15 kWh/m<sup>2</sup>.rok) radí medzi pasívne domy. Preto je elektrická energia z hľadiska najmenších investičných nákladov a komfortnej prevádzky častou voľbou vlastníkov takýchto novostavieb. Osobne predpokladám, že v prípade, ak by bola modelovým domom staršia stavba s väčšou energetickou náročnosťou (horšie izolačné vlastnosti, mešie tepelné zisky, vyššia hodnota potrebného tepla na vykurovanie), ktorá by už mala realizované rozvody ústredného kúrenia a k tomu potrebné náležitosti, výpočty by sa líšili. U oboch navrhovaných alternatív by totiž odpadla položka na vybudovanie rozvodov ústredného kúrenia a komína.

Konečná voľba vykurovacieho systému však závisí len na samotnom majiteľovi nehnuteľnosti; na dostupnosti zdroja energie potrebnej na vykurovanie; na prevádzkovej cene vykurovacieho systému; na finančnom rozpočte, ktorý je ochotný investovať do navrhovaného systému; na komforte prevádzky daného vykurovania (spojený s čistotou prevádzky); a ďalších faktoroch.

## POUŽITÉ INFORMAČNÉ ZDROJE

- [1] BERANOVSKÝ, Jiří a Jan TRUXA. *Alternativní energie pro váš dům. 2.*, aktualiz. vyd. EkoWATT : ERA, 2004, xiii, 125 s. : il. (některé barev.). ISBN 80-86517-89-6.
- [2] Tepelná pohoda vytápění infrapanely. *Heatwell* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.heatwell.cz/infratopeni-salave-infrapanely-tepelna-pohoda.html>
- [3] MATHAUSEROVÁ, Z. Kvalita vnitřního prostředí v našich předpisech: mikroklima. *TZB-info* [online]. 2005 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2470-kvalita-vnitriho-prostredi-v-nasich-predpisech-mikroklima>
- [4] Energie, vykurovanie. *EFilip* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: [http://www.efilip.sk/poradenstvo/energie\\_vykurovanie](http://www.efilip.sk/poradenstvo/energie_vykurovanie)
- [5] Biomasa. *EKOFONDplus* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.platforma.ekofondplus.sk/moderne-vyucovanie/teoria/52-biomasa>
- [6] ZAMKOVSKÝ, J. a A. PROKOVÁ. Účelné a efektívne využívanie biomasy. *Priatel'ia Zeme: CEPA* [online]. 2011 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: [http://www.priateliazeme.sk/cepa/images/collector/collection/publikacie/biomasa\\_pozicny\\_dokument.pdf](http://www.priateliazeme.sk/cepa/images/collector/collection/publikacie/biomasa_pozicny_dokument.pdf)
- [7] OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE: Biomasa. *ESG* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.esg.sk/sk/produkty-a-sluzby/obnovitelne-zdroje-energie/biomasa>
- [8] HOŘÁK, J., K. KRPEC, L. MARTINÍK, L. MICHNOVÁ, F. HOPAN a P. KUBESA. Jak si doma stanovit vlhkost a výhřevnost dřeva? *TZB-info* [online]. 2012 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/9300-jak-si-doma-stanovit-vlhkost-a-vyhrevnost-dreva>
- [9] Viessmann Vitoligno 100-S. *Viessmann* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: [http://www.viessmann.sk/sk/rodinny\\_dom/produkty/Holzessel/Vitoligno\\_100-S.html](http://www.viessmann.sk/sk/rodinny_dom/produkty/Holzessel/Vitoligno_100-S.html)
- [10] Splyňovacie kotly. *Kotle-kotly.sk* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.kotle-kotly.sk/splynovacie-kotle/>
- [11] Energia z biomasy. *Obnovitel'ne zdroje energie* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.oze.stuba.sk/oze/energia-z-biomasy/>
- [12] LULKOVIČOVÁ, O. *Zdroje tepla a domovní kotelny*. 1. české vyd. Bratislava: Jaga, 2004, 223 s. : il., plány ; 31 cm. ISBN 80-8076-002-0.



- [13] O zemnom plyne. *SPP* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.spp.sk/sk/domacnosti/plyn/pre-domacnosti/o-zemnom-plyne/>
- [14] LULKOVIČOVÁ, O. Nízkoteplotné a kondenzačné kotle. *ASB.sk* [online]. 2007 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.asb.sk/tzb/vykurovanie/nizkoteplotne-a-kondenzacne-kotly>
- [15] VARGOVÁ, K. Nízkoteplotní a kondenzační kotle. *ASB-portal.cz* [online]. 2009 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/tzb/vytapeni/nizkoteplotni-akondenzacni-kotle>
- [16] Koksovateľné uhlí a koksování. *OKD* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.okd.cz/cs/tezime-uhli/uhli-tradicni-zdroj-energie/koksovateľne-uhli-a-koksovani>
- [17] Automatické kotly. *Ekokomfort.sk* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.ekokomfort.sk/>
- [18] Topení pohledem ekonoma: topíme uhlím (I. díl). *TZB-info* [online]. 2013 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energie/9700-topeni-pohledem-ekonoma-topime-uhlim-i-dil>
- [19] LYČKA, Z. Kotelny s kotli na uhlí a koks. *TZB-info* [online]. 2008 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/5149-kotelny-s-kotli-na-uhli-a-koks>
- [20] Automaticke kotle: Benekov LT25. *Benekov.sk* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: [http://benekov.sk/index.php?option=com\\_content&view=article&id=20&Itemid=50](http://benekov.sk/index.php?option=com_content&view=article&id=20&Itemid=50)
- [21] Energie prostředí, geotermální energie a tepelná čerpadla. *Czech RE Agency: Česká agentura pro obnovitelné zdroje energie* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/geotermika>
- [22] Tepelné čerpadlo. *VSE: RWE Group* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.vse.sk/wps/portal/zb/domov/setrenie-energie/domacnosti/vykurovanie/tepelne-cerpadlo/>
- [23] Druhy tepelných čerpadel. *EnviWeb* [online]. 2013 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/clanek/topeni/95270/druhy-tepelnych-cerpadel>
- [24] Tepelná čerpadla vzduch/vzduch. *IVT: Tepelná čerpadla* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-vzduch-vzduch>
- [25] MURTINGER, K., J. BERANOVSKÝ a M. TOMEŠ. *Fotovoltaika, elektrina ze slunce*. 2. vyd. Brno: ERA, 2008, vii, 81 s. : il. ; 21 cm. ISBN 978-80-7366-133- 5.
- [26] Solargis: Global Horizontal Irradiation (GHI). *Solargis* [online]. 2015 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://solargis.info/doc/free-solar-radiation-maps>

- [27] BERANOVSKÝ, J., J. TRUXA, F. MACHOLDA, K. SRDEČNÝ a M. KAŠPAROVÁ. Energie slunce: sluneční teplo, ohřev vody a vzduchu. *EkoWATT* [online]. 2007 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-slunce---slunecni-teplo-ohrev-vody-a-vzduchu>
- [28] Ako vybrať slnečný kolektor. *Slovenská inovačná a energetická agentúra* [online]. 2010 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <https://www.siea.sk/letaky/c-259/ako-vybrat-slnečný-kolektor/>
- [29] Solárne systémy: Ploché kolektory. *Solar Energy System* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.solarenergy.sk/sk/stranka/solarne-systemy/produkty-ses/ploche-kolektory>
- [30] Solárne systémy: Trubicové kolektory. *Solar Energy System* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.solarenergy.sk/sk/stranka/solarne-systemy/produkty-ses/trubicove-kolektory>
- [31] Fotovoltaika: Výhody oproti jiným způsobům výroby elektřiny. *TZB-info* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika>
- [32] KOSMÁK, F. Princip fotovoltaického článku. *ProfiElektrika.cz* [online]. 2009 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/princip-fotovoltaickeho-clanku/view>
- [33] Panely. *Solarvolt* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.solarvolt.sk/index.php/sk/panely>
- [34] Typy panelov. *EkoVital* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.ekovital.sk/?typy-panelov,48>
- [35] Zateplenie fasád: MultiTherm. *Krnáč: stavby-fasády-izolácie* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.fasadnestudio.com/rs/14/zateplenie-fasad/>
- [36] Elektrické vykurovanie. *EpV: Energia pre Vás* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://energieprevas.sk/arheat.php?id=6>
- [37] Varianty elektrického vytápění. *TZB-info* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-elektrinou/304-varianty-elektrickeho-vytapani>
- [38] Sálavé panely efektivně topí. *TZB-info* [online]. 2014 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/otopne-plochy/11792-salave-panely-efektivne-topi-a-navic-jsou-ozdobou-interieru>
- [39] KOPAČKOVÁ, D. a J. BLAŽÍČEK. Varianty elektrického vytápění: rozdělení podle zdroje tepla. *TZB-info* [online]. 2014 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-elektrinou/10833-varianty-elektrickeho-vytapani-rozdeleni-podle-zdroje-tepla>

- [40] BAŠTA, J. Elektrické převážně sálavé vytápění (II): Stěnové a stropní vytápění. *TZB-info* [online]. 2005 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2910-elektricke-prevazne-salave-vytapeni-ii>
- [41] Teplé steny proti plesni. *Tzbportal.sk* [online]. 2013 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.tzbportal.sk/kurenie-voda-plyn/teple-steny-proti-plesni.html>
- [42] Varianty elektrického vytápění. *TZB-info* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-elektrinou/304-varianty-elektrickeho-vytapani>
- [43] Akumulačné vykurovanie. *Stredoslovenská energetika* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: [http://www.sse.sk/portal/page/portal/stranka\\_SSE/spravy/zoznampdf/](http://www.sse.sk/portal/page/portal/stranka_SSE/spravy/zoznampdf/)
- [44] TAKACS, J. Analýza spotreby a potreby tepla. . *AT&P journal* [online]. 2004 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: [http://www.atpjournals.sk/buxus/docs/atp-2004-03-75\\_77.pdf](http://www.atpjournals.sk/buxus/docs/atp-2004-03-75_77.pdf)
- [45] Potreba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. *TZB-info* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>
- [46] Kondenzačný kotol: Panther Condense KKO. *Protherm* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: [http://www.protherm.sk/pre-nasich-zakaznikov/produkty/vsetky-produkty/panther-condens-kko-449.sk\\_sk.html](http://www.protherm.sk/pre-nasich-zakaznikov/produkty/vsetky-produkty/panther-condens-kko-449.sk_sk.html)
- [47] Automatický kotol na pelety - Atmos D14P. *Centrum vytápění* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.centrumvytapani.cz/atmos-d-14-p---automaticky-kotel-na-pelety>
- [48] Atmos: nádrž na pelety 250 l. *Mirad.sk* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://mirad.sk/tovar/68713/atmos-nadrz-na-pelety-250-litrov>
- [49] Akumulačná nádoba: ATTACK TUV 200. *KurenieZen.sk* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.kureniezen.sk/kurenie/eshop/6-1-Akumulacne-nadrze/142-2-Objem-do-500-litrov/5/4571-Akumulacna-nadoba-ATTACK-TUV-200>
- [50] Ekopelety svetlé. *LES: zelená energia* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.lestn.sk/sk/produkty-ceny/produkty-ceny/pelety-svetle-6-8mm-enplus-a1>
- [51] Elektrické priamovykurovacie konvektory. *Protherm* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: [http://www.protherm.sk/pre-nasich-zakaznikov/produkty/vsetky-produkty/elektricke-priamovykurovacie-konvektory-834.sk\\_sk.html](http://www.protherm.sk/pre-nasich-zakaznikov/produkty/vsetky-produkty/elektricke-priamovykurovacie-konvektory-834.sk_sk.html)
- [52] Vykurovacie rohože: EcoFloor Comfort Mat. *fenix.sk* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://shop.fenix.sk/e-shop/cid/212.xhtml>

- [53] Rebríky rovné: Rebrík KD-E 600x900. *Fenix.sk* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://shop.fenix.sk/e-shop/action/productdetail/oc/794.xhtml>
- [54] Prehľad koncových cien elektriny pre domácnosti. *Stredoslovenská energetika* [online]. 2014 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: [http://www.sse.sk/portal/page/portal/stranka\\_SSE/spravy/zoznampdf/Prehľad\\_koncovych\\_cien\\_elektriny\\_pre\\_domacnosti\\_na\\_rok\\_2014\\_druha\\_verzia.pdf](http://www.sse.sk/portal/page/portal/stranka_SSE/spravy/zoznampdf/Prehľad_koncovych_cien_elektriny_pre_domacnosti_na_rok_2014_druha_verzia.pdf)
- [55] *Komíny Schiedel: Schiedel Absolut - zostava 18/90° 5m* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.internetovestavebniny.sk/c/kominy/kominy-schiedel>
- [56] STUPAVSKÝ, V. Pelety z biomasy: dřevěnné, rostlinné, kůrové. *Biom.cz* [online]. 2010 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pelety-z-biomasy-drevene-rostlinne-kurove-pelety>
- [57] Automatické kotly: Attack Pellet 30 Automatic. *Attack* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.attack.sk/attack-pellet-30-automatic-plus/>
- [58] Peletová kamna: HSP 1.17. *Haas+Sohn* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.haassohn-rukov.cz/cz/produkty-sluzby/vyrobn-program/peletova-kamna/hsp-1-17.html>
- [59] Kotly na brikety. *Kotle - kotly.sk* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.kotle-kotly.sk/kotle-na-brikety/>
- [60] Hořáky s podavačem: retortový hořák. *Ekologicke-kotle.cz* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.ekologicke-kotle.cz/ekologicke-kotle/eshop/30-1-HORAKY-s-podavacem/272-2-RETORTOVY-HORAK>
- [61] Kotle so zabudovaným zásobníkom: Viessmann Vitopend 111-W. *Eko-therm.sk* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.eko-therm.sk/eko-therm/eshop/0/3/5/7642-Viessmann-Vitopend-111-W>
- [62] What is condensing boiler. *Gogreena.co.uk* [online]. 2013 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://gogreena.co.uk/what-is-a-condensing-boiler/>
- [63] Sálavé topné panely. *Anipo.cz* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.anipo.cz/podlahove-vytapeni/salave-topne-panely>
- [64] Vykurovacie panely: Adax Neo. *ADAX: elektrické konvektory* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: [http://www.konvektory.sk/vykurovacie\\_panely.html](http://www.konvektory.sk/vykurovacie_panely.html)
- [65] Elektrické podlahové vykurovacie systémy. *Infracaleo.sk* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.infracaleo.sk/elektrickekurenie.html>
- [66] Solar boat regatta: Energy in the school. *Solar boat regatta* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://cockroach-boat.weebly.com/energy.html>

**ZOZNAM OBRÁZKOV**

Obr. 1: Tepelná pohoda [4] .....	12
Obr. 2: Graf závislosti výhrevnosti dřeva na jeho vlhkosti [4] .....	14
Obr. 3: Splyňovací kotol Viessmann Vitoligno 100-S [9] .....	15
Obr. 4: Drevené pelety bez kôry [56] .....	15
Obr. 5: Automatický kotol na pelety Attack Pellet 30 [57] .....	16
Obr. 6: Kozub na pelety Haas+Sohn HSP 1.17 [58] .....	16
Obr. 7: Briketa [59] .....	17
Obr. 8: Retortový horák s podávačom [60] .....	19
Obr. 9: Automatický kotol Benekov LT 25 [20] .....	19
Obr. 10: Kondenzačný kotol Viessmann Vitopend 111-W [61] .....	21
Obr. 11: Princíp funkcie kondenzačného kotla [62] .....	21
Obr. 12: Princíp funkcie tepelného čerpadla [22] .....	23
Obr. 13: Schéma: tepelné čerpadlo – podzemný kolektor [22] .....	25
Obr. 14: Schéma: tepelné čerpadlo – hlbinný vrt [22] .....	25
Obr. 15: Schéma: tepelné čerpadlo – voda/voda [22] .....	26
Obr. 16: Schéma: tepelné čerpadlo – vzduch/voda [22] .....	27
Obr. 17: Sálavé panely ECOSUN [63] .....	29
Obr. 18: Nástenné konvektory Adax Neo [64] .....	29
Obr. 19: Elektrická vykurovacia rohož Caleo H-MAT 150 [65] .....	30
Obr. 20: Globálne horizontálne žiarenie - Slovensko [26] .....	32
Obr. 21: Obr. 21: Solárny systém rodinného domu [28] .....	33
Obr. 22: Konštrukcia plochého kolektora [28] .....	34
Obr. 23: Konštrukcia trubicového kolektora „Heat Pipe“ [28] .....	35
Obr. 24: Schéma solárneho článku [66] .....	36
Obr. 25: Pasívny rodinný dom – Bohdanovce .....	38
Obr. 26: Zobrazenie pôdorysu modelového domu .....	39

## ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1: Vývoj štruktúry prvotných zdrojov na Slovensku [12] .....	13
Tab. 2: Súhrn výpočtových hodnôt stanovených pomocou programu PHPP .....	39
Tab. 3: Vonkajšie výpočtové teploty a vykurovacie obdobia podľa lokalít [44] .....	40
Tab. 4: Spotreba energie pre ohrev TÚV [45] .....	40
Tab. 5: Celkové prevádzkové a investičné náklady na vykurovanie elektrinou .....	41
Tab. 6: Celková odhadovaná cena potrebných úprav .....	42
Tab. 7: Celkové prevádzkové a investičné náklady na vykurovanie plynom .....	43
Tab. 8: Celkové prevádzkové a investičné náklady na vykurovanie peletami .....	44
Tab. 9: Porovnanie celkových nákladov jednotlivých návrhov vykurovania .....	44

**ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV**

$C_{el}$	Cena za elektrinu – sadzba DD5- NT	[€/kWh]
$C_{dis}$	Cena za distribúciu elektrickej energie – sadzba DD5 - NT	[€/mesiac]
$C_{pel}$	Cena za tonu peliet	[€/t]
$C_{plyn}$	Cena za plyn	[€/kWh]
$I_{el}$	Počiatkové investície na vykurovanie a ohrev TÚV elektrinou	[€]
$I_{pel}$	Počiatkové investície na vykurovanie a ohrev TUV peletami	[€]
$I_{plyn}$	Počiatkové investície na vykurovanie a ohrev TUV plynom	[€]
$N_{el}$	Ročné náklady na vykurovanie a ohrev TÚV elektrinou	[€]
$N_{pel}$	Ročné náklady na vykurovanie a ohrev TÚV peletami	[€]
$N_{plyn}$	Ročné náklady na vykurovanie a ohrev TÚV plynom	[€]
PHPP	Passive House Planing Package	
$Q_C$	Celkové potrebné teplo na vykurovanie a ohrev TÚV	[kWh]
$Q_G$	Celkové tepelné zisky	[kWh/rok]
$q_H$	Merná spotreba tepla na vykurovanie	[kWh/m <sup>2</sup> .rok]
$Q_H$	Ročná spotreba tepla na vykurovanie	[kWh/rok]
$Q_L$	Celkové tepelné straty	[kWh/rok]
$Q_{Pel(MJ)}$	Výhrevnosť peliet v MJ/kg	[MJ/kg]
$Q_{Pel(kWh)}$	Výhrevnosť peliet v kWh/kg	[kWh/kg]
$Q_{TUV}$	Celkové teplo potrebné na ohrev TUV	[kWh/rok]
$S_v$	Celková vykurovaná plocha	[m <sup>2</sup> ]
$T_{Npel}$	Doba návratnosti celkovej investície vykurovania peletami	[rok]
$T_{Nplyn}$	Doba návratnosti celkovej investície vykurovania plynom	[rok]
TÚV	Teplá úžitková voda	
$\eta_K$	Účinnosť automatického kotla	[-]
$\eta_{KK}$	Účinnosť kondenzačného kotla	[-]
$X_{pel}$	Potrebné množstvo peliet na vykurovaciu sezónu	[kg]