



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

**OPTIMALIZACE A INOVACE VE VYTÁPĚNÍ RODINNÝCH
DOMŮ**

OPTIMIZATION AND INNOVATION OF FAMILY HOUSES HEATING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ladislav Dubnický

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Martin Lisý, Ph.D.

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav
Student: **Ladislav Dubnický**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Martin Lisý, Ph.D.**
Akademický rok: 2015/16

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:

Optimalizace a inovace ve vytápění rodinných domů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce bude rešerže moderních způsobů vytápění rodinných domů a následný modelový výpočet pro vybraný objekt.

Cíle bakalářské práce:

- zpracování rešerže nových technologií pro vytápění rodinných domů
- porovnat jednotlivé technologie z hlediska uživatele
- pro modelový dům zpracovat technicko-ekonomické porovnání vybraných variant vytápění

Seznam 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

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

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

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Cieľom bakalárskej práce je zhrnutie poznatkov o dnešných moderných spôsoboch vykurovania rodinných domov. Jednotlivé typy vykurovania sú vzájomne porovnávané z ekonomického, prevádzkového a ekologického hľadiska. Na záver je spravený modelový prepočet energetických nákladov konkrétneho rodinného domu a návrh nového vykurovacieho systému.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

Vykurovanie, kotol, palivá, elektrina, zemný plyn, energia, uhlie, pelety, biomasa, rodinný dom.

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is to make a summary of knowledge of today's modern heating systems for family houses. Each types of systems are compared to each other from economic, operating and ecologic point of view. At the end of the thesis there is a model conversion of energetic costs for specific family house and projection of new heating system.

KEY WORDS

Heating, boiler, fuels, electricity, natural gas, energy, coal, pellets, biomass, family house.

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

DUBNICKÝ, L. *Optimalizace a inovace ve vytápění rodinných domů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 62 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Martin Lisý, Ph.D..

PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že som bakalársku prácu na tému **Optimalizácie a inovácie vo vykurovaní rodinných domov** vypracoval samostatne pod vedením vedúceho bakalárskej práce a s použitím odbornej literatúry a ďalších zdrojov, ktoré sú všetky citované a uvedené v zozname použitých zdrojov na konci práce.

Dátum

Podpis

POĎAKOVANIE

Rád by som poďakoval vedúcemu mojej bakalárskej práce Ing. Martinovi Lisému Ph.D. za odbornú pomoc a cenné pripomienky pri vypracovaní tejto práce. Ďakujem svojim rodičom za podporu počas celého štúdia.

Obsah

Úvod.....	3
1 Vykurovanie tuhými fosílnymi palivami.....	4
1.1 Hnedé uhlie, čierne uhlie a koks	4
1.1.1 Hnedé uhlie.....	4
1.1.2 Čierne uhlie	4
1.1.3 Koks.....	4
1.2 Kotle na tuhé palivá	5
1.3 Vykurovanie tuhými fosílnymi palivami z hľadiska používateľa.....	7
2 Vykurovanie biomasou	9
2.1 Vykurovanie pevnou biomasou.....	9
2.1.1 Kusové drevo.....	9
2.1.2 Pelety	10
2.1.3 Brikety	11
2.1.4 Drevená štiepka	12
2.2 Kotle na biomasu.....	13
2.2.1 Krbová pec na pelety	13
2.2.2 Kotol na pelety	13
2.2.3 Kotol na splyňovanie dreva	14
2.3 Vykurovanie biomasou z hľadiska používateľa.....	15
3 Vykurovanie zemným plynom.....	18
3.1 Kotle na zemný plyn	18
3.1.1 Princíp ohrevu kondenzačných plynových kotlov	19
3.2 Vykurovanie zemným plynom z hľadiska používateľa	19
4 Vykurovanie elektrinou	22
4.1 Priamovykurovací zdroj	22
4.2 Akumulačný zdroj	23
4.3 Vykurovanie elektrinou z hľadiska používateľa	23
5 Vykurovanie slnečnou energiou	25
5.1 Solárne kolektory	25
5.1.1 Princíp fungovania kolektora	26
5.1.2 Solárny systém.....	26
5.2 Fotovoltaické panely	27
5.2.1 Princíp fungovania fotovoltaického panelu.....	27
5.2.2 Fotovoltaická elektráreň	28
5.3 Vykurovanie slnečnou energiou z hľadiska používateľa	29

6	Vykurovanie tepelným čerpadlom	32
6.1	Princíp funkcie a časti tepelného čerpadla	32
6.2	Typy tepelných čerpadiel.....	33
6.2.1	Tepelné čerpadlo vzduch/voda	33
6.2.2	Tepelné čerpadlo zem/voda	34
6.2.3	Tepelné čerpadlo voda/voda	34
6.3	Vykurovanie tepelným čerpadlom z hľadiska používateľa	34
7	Porovnanie jednotlivých typov vykurovania.....	36
8	Návrh energeticky efektívneho zdroja tepla pre modelový dom.....	38
8.1	Popis modelového domu	38
8.2	Výpočet tepelných strát objektu, potreba tepla na vykurovanie a ohrev TUV a ekonomické zhodnotenie	39
8.3	Alternatívne zdroje vykurovania	41
8.3.1	Splyňovací kotol na drevo	41
8.3.2	Automatický kotol na pelety	43
8.3.3	Tepelné čerpadlo vzduch/voda	44
8.4	Zhodnotenie	47
	Záver	49
	Zoznam použitých zdrojov.....	50
	Zoznam použitých skratiek.....	56
	Zoznam príloh.....	57

Úvod

Táto práca sa zaoberá prehľadom jednotlivých spôsobov vykurovania, ich porovnaním a praktickou aplikáciou. V súčasnosti, viac ako kedykoľvek predtým, sa energetické potreby ľudstva rapídne zvyšujú. To má za následok postupné vyčerpávanie fosílnych palív. Jedného dňa tu nebude uhlie, ropa ani zemný plyn a spoločnosť bude odkázaná na používanie obnoviteľných zdrojov, z ktorých sa zatiaľ využíva len malá časť. Už dnes je možné vidieť snahu o výrobu ekologickej elektriny, stavbu energeticky pasívnych domov alebo aspoň o zníženie emisií vyprodukovaných z neobnoviteľných zdrojov.

Prvá časť bakalárskej práce sa zaoberá rešeršnou štúdiou najčastejších zdrojov vykurovania. Môže sa jednať sa o tuhé fosílna palivá ako koks, čierne a hnedé uhlie. Ďalšia kapitola pojednáva o biomase ako o ekologicky čistej komodite. Vykurovanie zemným plynom sa v Českej republike teší stále veľkej obľube, je to nenáročný a vysokokomfortný zdroj s prijateľnou cenou. Elektrické zdroje sa spočiatku javia ako výhodná kúpa s vysokou mierou komfortu, no s aktuálnou cenou elektriny sa často stávajú ekonomicky nezaujímavými. Energia zo slnka je dostupná komukoľvek na svete a v podstate zadarmo. Zatiaľ sa nedarí vyťažiť z tohto zdroja potrebné množstvo energie, a tak zostáva pre ľudstvo veľkou výzvou do budúcnosti. Využitie tepelných čerpadiel je stále v úzadí, hlavne pre ich vysokú počiatočnú investíciu. V budúcnosti sa môžu stať rozšíreným zdrojom, hlavne kvôli nízkym nákladom a komfortnou obsluhou. Na konci každej kapitoly je pohľad z hľadiska používateľa o danom type média a ekonomické zhodnotenie prehľadne spracované v tabuľke.

Druhá časť bakalárskej práce je zameraná na technicko-ekonomické porovnanie vybraných druhov vykurovania pre modelový dom. Najskôr je spočítaná celková tepelná strata objektu a potreba tepla na vykurovanie a teplú úžitkovú vody. Následne sú zrátané náklady na potrebu energie pre aktuálny stav a návrh troch nových spôsobov vykurovania vychádzajúcich z rešeršnej časti. Taktiež je zaujímavé porovnanie nákladov na energiu v stave pred a po zateplení domu. To všetko je vypracované a prehľadne usporiadané v tabuľkách na konci práce.

1 Vykurovanie tuhými fosílnymi palivami

Vykurovanie tuhými fosílnymi palivami, teda čiernym uhlím, hnedým uhlím alebo koksom zaznamenalo v posledných rokoch veľký ústup. Jedná sa hlavne o ekonomické a ekologické dôvody. Pri spaľovaní uhlia vzniká veľké množstvo škodlivín (emisie CO_2 , ortuť (Hg), oxidy dusíka (NO_x) a oxidy síry (SO_x)), ktoré znečisťujú vzduch a životné prostredie. Pohodlné vykurovanie pomocou elektrickej energie a relatívne lacného zemného plynu, spoločne s vyššie uvedeným ekologickým faktorom spôsobili úpadok tohto typu vykurovania. Z posledného sčítania ľudu v roku 2011 vyplynulo, že uhlím kúri až 346 000 domácností – čo je takmer 9% z celkového podielu vykurovania. Oproti roku 2001, kedy uhlím kúrilo 575 000 domácností je to až 40% pokles [1, 2, 3].

Na druhej strane, so zvyšujúcou cenou elektriny, zemného plynu a s napätou situáciou vo východnej časti Európy prechádza veľa subjektov späť na vykurovanie tuhými fosílnymi palivami. Kľúčom k lacnému, pohodlnému a ekologickému vykurovaniu sú moderné kotle na uhlie. Tie nielenže znižujú ekologickú záťaž na životné prostredie ale aj uľahčujú celé fungovanie systému [1].

1.1 Hnedé uhlie, čierne uhlie a koks

1.1.1 Hnedé uhlie

Pri vykurovaní fosílnymi palivami používajú české domácnosti najčastejšie hnedé alebo čierne uhlie. Hnedé uhlie je jedným z najlacnejších palív, orientačné náklady sú cca 18 000 korún na rok. Jeho výhrevnosť dosahuje hodnôt do 18 MJ/kg, čo je spomedzi tuhých fosílnych palív najmenej. Navyše je najväčším znečisťovateľom ovzdušia, emisný faktor CO_2 dosahuje $K = 0,433 \text{ kg/kWh}$ [4, 5].

1.1.2 Čierne uhlie

Čierne uhlie je síce drahšie ako hnedé, ale vďaka jeho vyššej výhrevnosti okolo 23 MJ/kg sa nespotrebováva v takom množstve ako hnedé uhlie. Najviac je šetrnejší pre ovzdušie, emisný faktor je $K = 0,394 \text{ kg/kWh}$. Aj pre vyššiu výhrevnosť sú ročné náklady na vykurovanie oproti hnedému uhliu väčšie cca 22 000 korún na rok [4, 5].

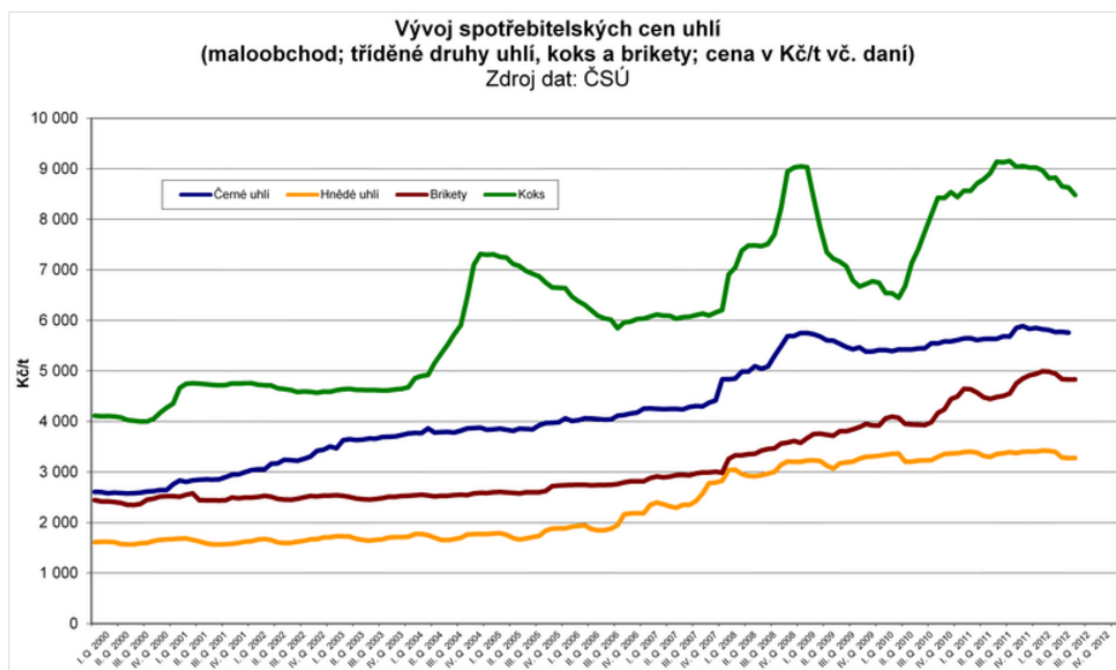


Obrázok 1.1 Uhlie [6]

1.1.3 Koks

Na výrobu koksu sa používa čierne uhlie. Koks sa vyrába pyrolýzou čierneho uhlia pri vysokej teplote – nad 1000°C – bez prístupu vzduchu. Koks vzniká aj prirodzeným spôsobom, kde uhoľné sloje prišli do styku so žieravou magmou. Okrem paliva na vykurovanie sa koks používa aj ako palivo a redukčné činidlo vo vysokej peci pri výrobe surového železa, liatiny a v metalurgii. Výhrevnosť koksu je relatívne vysoká 27,5 MJ/kg, čo sa však neodráža na nákladoch na vykurovanie cca 28 000 korún ročne. Emisný faktor dosahuje hodnotu $K = 0,467 \text{ kg/kWh}$ čo nie je ekologicky priaznivé [4, 5, 7].

Cena uhlia sa zvyšuje kvôli ekologickej dani, ktorá sa na neho uplatňuje. Uhlie sa pritom oplatí nakupovať v lete – s blížiacou sa vykurovacou sezónou jeho cena rastie. Na Obrázku 1.2 je možné vidieť vývoj cien uhlia, koksu a briekiet od roku 2000 do 2012 [4].

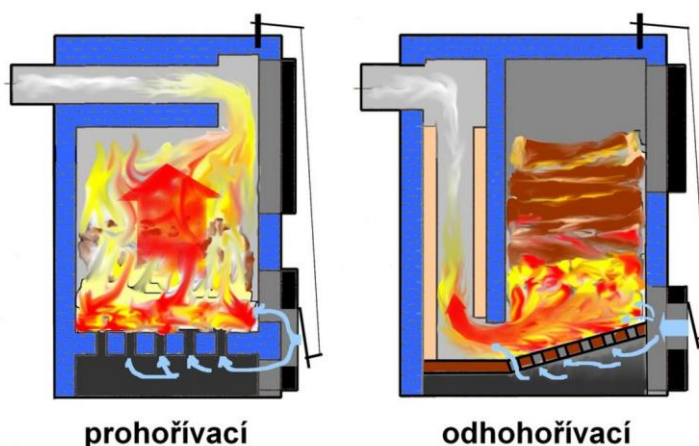


Obrázok 1.2 Vývoj spotrebitel'ských cien uhlia, koksu a briekiet od roku 2000 do 2012 [8]

1.2 Kotle na tuhé palivá

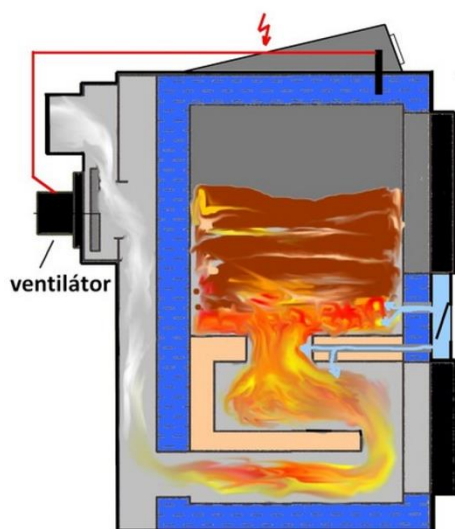
Kotle na tuhé palivá používa v ČR viac než 500 tis. domácností. Tuhé palivá sa používajú k vykurovaniu objektov alebo k príprave teplej vody. Najčastejšími palivami sú fosílné palivá, tzv. neobnoviteľné. Sem patria rôzne druhy uhlia. Z obnoviteľných zdrojov sa najčastejšie používa kusové drevo alebo drevo vo forme briekiet a peliet [9].

Základné delenie kotlov podľa technológie spaľovania je na **kotle prehorievacie** a **odhorievacie**. Pri prehorievacom kotli spaliny postupne prechádzajú cez vrstvu paliva. Preto je regulácia výkonu a celého procesu horenia značne obmedzená. Odhorievací kotol funguje na princípe kde je palivo plynule dopĺňované, pričom spaliny neprechádzajú cez vrstvu paliva. Dá sa teda hovoriť aj o istej regulácii výkonu vďaka roštu ktorý zaisťuje dávkovanie paliva [8].

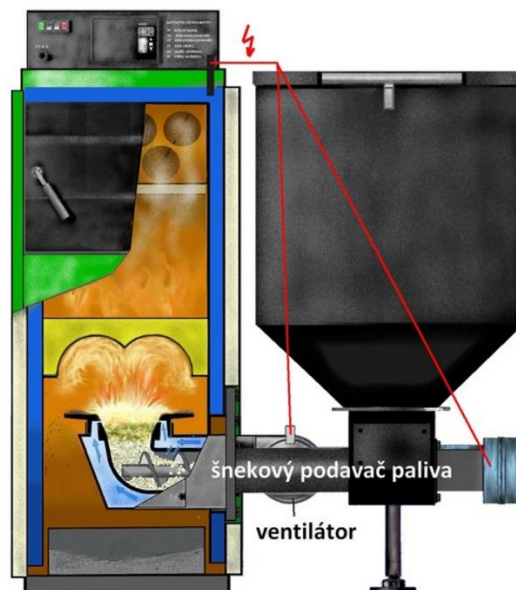


Obrázok 1.3 Pohorievací a ohhorievací kotol [10]

Pri objavení nových a účinnejších technológií spaľovania sa objavili ďalšie dva typy kotlov a to sú **kotle s ručnou dodávkou paliva** a **automatické kotle** kde je palivo dodávané samočinne (vid' Obr. 1.4 a 1.5). Kotle s ručnou dodávkou sú síce lacnejšie ako automatické kotle, ale zato s výrazne menším komfortom spojeným s neustálym zásobovaním. Pri automatickom kotly stačí prikladať uhlie do násypky jedenkrát za 3 dni a mimo sezónu jedenkrát za týždeň a vyberať popol. Tieto kotle sú spravidla splynovacie, kde sa ventilátorom vháňa vzduch a tak dochádza k efektívnejšiemu spaľovaniu (vid' Obr. 1.4). Možnosť regulácie je porovnateľná s plynovými kotlami a nezanedbateľnou súčasťou je taktiež ekologická prevádzka, pretože väčšina kotlov spĺňa emisnú triedu 3 [8].



Obrázok 1.4 Splynovací kotol s ručným prikladaním [10]



Obrázok 1.5 Automatický kotol [10]

Česká republika sa dlhodobo stýka so znečisteným ovzduším, pričom sa na ňom veľkou mierou podieľa sektor domácností. Látky, ktoré sú zodpovedné za poruchu dýchacieho ústrojenstva sú najčastejšie obsahom spalín zo zastaraných uhoľných kotlov v domácnostiach. Podľa odhadov je ich v ČR cez 350 tisíc [11].

Preto Ministerstvo životného prostredia ČR vyhlásilo výzvu od roku 2015 na výmenu zastaraných kotlov v domácnostiach za nové podporované nízko emisné zdroje. Cieľom tohto dotačného programu je do roku 2020 vymeniť minimálne 80 tisíc kotlov v celej Českej republike. Predmetom podpory sú: moderné kotle na pevné palivá, tepelné čerpadlo, plynový kondenzačný kotol a inštalácia solárno-termických sústav pre prikurovanie teplej vody. Výška dotácie je od 70 do 85%, maximálne uznateľné náklady sú do 150 tis. Kč¹ [11].

Medzi hlavné nedostatky starých kotlov sa zaraďuje hlavne nízka účinnosť spaľovania – len okolo 60%, nulová regulácia výkonu a vysoké nároky na obsluhu. V neposlednom rade to je aj neekologické spaľovanie palív, ktoré negatívne ovplyvňuje okolité prostredie [1].

¹ Korún Českých

Oproti tomu moderné automatické kotle disponujú hneď niekoľkými zaujímavými vlastnosťami a to sú:

- Vysoká účinnosť, nad 80 %
- Automatická regulácia kotla
- Automatický chod ktorý minimalizuje potrebu obsluhy
- Veľké zásobníky paliva, automatika privádza na rošt len potrebné množstvo paliva
- Nízke prevádzkové náklady
- Široká oblasť použitia [1]

1.3 Vykurovanie tuhými fosílnymi palivami z hľadiska používateľa

Kotlami na tuhé palivá je možné vykurovať rodinné domy, chaty prípadne výrobné budovy. Veľa domácností je s týmto klasickým spôsobom spokojná a tak kotle na tuhé palivá patria stále medzi najčastejšie využívané spôsoby vykurovania [12].

Dôvodov prečo ľudia prechádzajú na automatické kotle na tuhé palivá je hneď niekoľko:

- Prechod na lacnejšie palivo – až 40 % úspory voči zemnému plynu
- Prechod na komfortnú obsluhu – prechod od kotlov s ručným prikladaním
- Požiadavka na plnú reguláciu kotla
- Požiadavka na splnenie emisných limitov [13]

Navyše s automatickým kotlom je možné vyrábať teplú úžitkovú vodu aj v lete, prevádzkovať podlahové vykurovanie a je možné okrem štandardného paliva kúriť aj drevom či peletami [13].



V tabuľke 1.1 je modelový prepočet investičných a prevádzkových nákladov pri vykurovaní hnedým uhlím pri cene 3 Kč za kilogram. Investičné náklady sú použité z portálu TZB-INFO.CZ a prepočet prevádzkových nákladov je s pomocou online kalkulačky www.mojecerpadlo.com. Z uvedenej tabuľky vyplýva, že investičné náklady sa pohybujú okolo 120 000 Kč, cena však závisí na type kotla. Pri využití kotlíkovej dotácie vo výške 70 % je možné značne ušetriť. Prevádzkové náklady na domácnosť so 4 ľuďmi a s tepelnou stratou objektu 10 kW sú zhruba 31 600 Kč za rok [12, 13, 14].

Obrázok 1.6 Kotel EKO PERFEKT [15]

Tabuľka 1.1 Náklady na energie pri vykurovaní hnedým uhlím pre 4 ľudí a s tepelnou stratou objektu 10 kW

Vykurovanie hnedým uhlím			
Investičné náklady [Kč]		Prevádzkové náklady [Kč/rok]	
Kotol EKO PERFEKT 23 (22kW) litina	64 930	Náklady na ÚK ² (4 455 kg uhlia)	11 137
Kúrenárske práce (materiál, práca)	24 000	Náklady na TUV ³ (912 kg uhlia)	2 737
Napojenie na komín	2 500	Spotreba el. v domácnosti (2 720 kWh/rok)	13 138
Bojler Logalux S120/2	10 387	Paušál elektrina (3x25A)	1 080
Stavba komína	0	Ročná revízia kotla	2 500
		Ročná revízia komína	1 000
CELKOM s DPH 15%	117 090	CELKOM s DPH	31 592
CELKOM s kotlíkovou dotáciou 70%	35 127		

Aj keď je obsluha automatického kotla oveľa komfortnejšia v porovnaní s kotlom s ručným prikladaním, nesmie sa zabudnúť ani na jeho nevýhody v porovnaní s inými druhmi vykurovania. Stále je potrebná miestnosť slúžiaca ako sklad paliva. S prikladaním do zásobníka je nevyhnutná manipulácia s palivom, ktorá je príčinou prašnosti v danej miestnosti. V neposlednom rade treba zmieniť, že bohužiaľ ani ekologické kotle nie sú úplne ekologické – faktor emisie CO₂ dosahuje najvyšších hodnôt práve pre tieto energetické nosiče. Kotle na tuhé palivá sú spravidla vhodné pre domácnosti bez prístupu k zemnému plynu a snahou ušetriť [12].

² ÚK – ústredné kúrenie

³ TUV – teplá úžitková voda

2 Vykurovanie biomasou

Veľmi dôležitým obnoviteľným zdrojom energie je biomasa. Je to všetka organická hmota rastlinného a živočíšneho pôvodu. Získavame ju väčšinou ako odpad z poľnohospodárstva, lesníctva, priemyslu alebo ako cielený produkt pestovania. Patrí k zdrojom energie s veľmi priaznivým dopadom na životné prostredie. Ich spaľovaním sa vytvorí len toľko CO_2 , koľko predtým stromy a rastliny pri svojom raste sami vytvorili – majú tzv. nulovú bilanciu CO_2 . Biomasu je nevyhnuté rozlišovať podľa účelu použitia a to na pevnú biomasu, ktorá je využívaná na vykurovanie budov. Ďalej je to plyná biomasa vznikajúca prevažne v bioplynových staniciach využívaná ako na vykurovanie tak na kogeneráciu, prípadne trigeneráciu. Posledným typom je biomasa kvapalná t.j. bionafta alebo biolieh ktoré sa najčastejšie nazývajú biopalivá a využívajú sa ako pohonné hmoty v doprave. Biomasa tvorí až 70 – 75% zo všetkých obnoviteľných zdrojov energie ako je voda, vietor, slnko a pod [16, 17].

Biomasa sa dnes podieľa na 14% celosvetovej spotrebe primárnych energetických zdrojov. Predpokladom zostáva, že pri raste populácie a znižovaní zásob fosílnych palív, bude jej význam narastať. Napríklad vo Švédsku alebo Rakúsku sa biomasa podieľa 15% na spotrebe energie. Pre porovnanie, na Slovensku je to menej ako 3%, v Českej republike 8 % [18, 19].

2.1 Vykurovanie pevnou biomasou

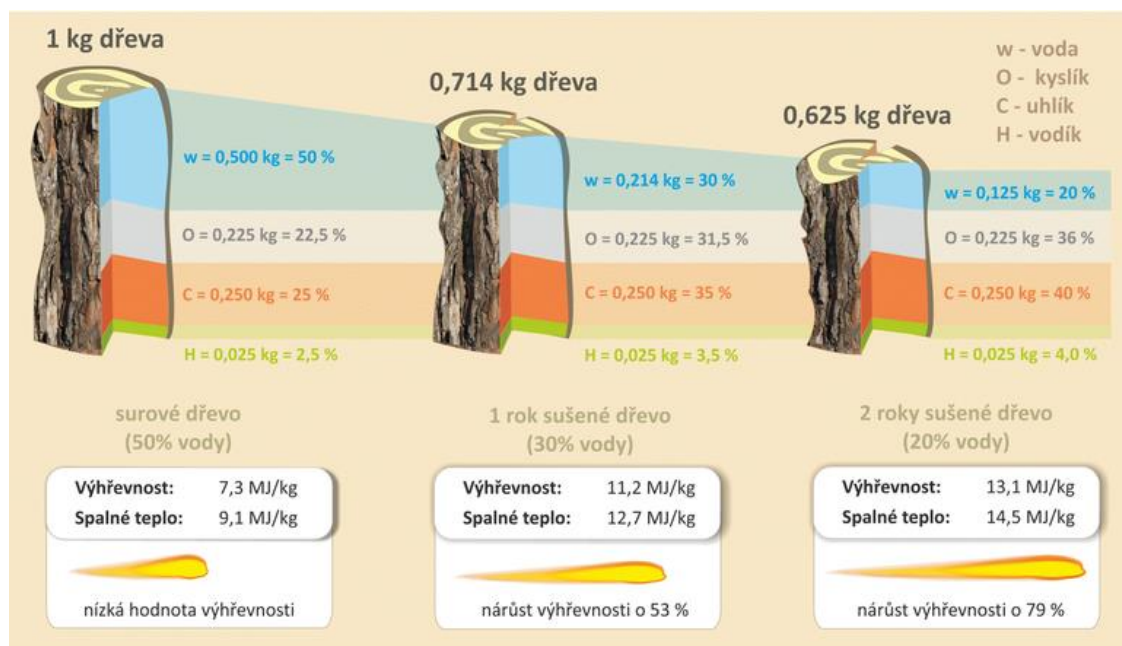
Najrozšírenejším palivom je drevo. Môže nadobúdať rôznu formu t.j. ako kusové drevo, drevný odpad (drevá štiepka, pelety, brikety či slama). Pre tri štvrtiny obyvateľov Zeme, ktorá žije v rozvojových krajinách je najdôležitejším palivovým zdrojom. Ďalšie rozšírené biopalivá sú pelety, brikety a drevná štiepka. Príčinou vzostupu biomasy je hlavne ekologický faktor a v neposlednom rade aj ekonomický. Náklady na vykurovanie pre domácnosti sú z pomedzi všetkých typov palív najmenšie [18].

2.1.1 Kusové drevo

V Českej republike sa spaľovanie dreva teší stále väčšej popularite. Je to lacná a bežne dostupná surovina, ktorú ľudia používajú na vykurovanie, ohrev teplej vody, varenie a navyše sa zaraďuje medzi obnoviteľné zdroje energie. Múdry človek spaľuje drevo ktorého vlhkosť neprekročila 20 % (v ideálnom prípade menej ako 15 %). Vlhkosť dreva má totižto zásadný vplyv na jeho výhrevnosť. S rastúcim obsahom vody sa spotrebúje viac tepla na jej premenu na vodnú paru a tým sa znižuje energetický zisk z dreva. Navyše produkuje vyššie množstvo sadzí, čo súvisí s častejším vymetáním rúr, komína a životnosťou kotla. Naopak, čím menej vody je v dreve, tým viac energie sa uvoľní do vykurovacieho systému. Ak je čerstvo porúbané drevo (pri vlhkosti cca 40 – 50 %) uložené pod vonkajším prístreškom 2 roky, dôjde k jeho vysušeniu cca pod 20 %. Všeobecne, je pri vlhkosti 20 % výhrevnosť dreva okolo 15 MJ/kg, kým drevo úplne suché má výhrevnosť 17 MJ/kg. Vlhkosť dreva sa dá ľahko zmerať vlhkomerom [16, 19].



Obrázok 2.1 Kusové drevo [20]



Obrázok 2.2 Vysušovanie dreva a priebeh znižovania vlhkosti [21]

Palivové drevo sa rozlišuje aj podľa tvrdosti. Tvrdé drevo z listnatých stromov stabilný a dlhotrvajúci žiar v kotly, mäkké drevo z ihličnanov je vhodné pre zapalovanie a rýchle vykúrenie vykurovaného systému [16].

Drevo je ľahko dostupná a obnoviteľná surovina, ktorá zatiaľ patrí medzi najlacnejšie palivá na vykurovanie – odhadované náklady sú od 15 000 do 20 000 korún ročne. Vďaka moderným kotlom s reguláciou horenia a účinnosťou okolo 90 % je dnes kúrenie oveľa ľahšie a pohodlnejšie a navyše popol je možné používať ako prírodné hnojivo v záhradke. Na druhú stranu je stále nutná manipulácia s palivom či sa jedná o prikladanie, štiepanie dreva alebo vykladanie popola. Drevo má veľké nároky na uskladnenie, veď proces vysušania trvá 2 roky. Myslím si, že vykurovanie kusovým drevom je vhodné pre ľudí so záujmom ušetriť a dobrým prístupom k vlastnému zdroju dreva [16].

2.1.2 Pelety

Pelety sú vysoko stlačené výlisky valcovitého tvaru v priemere 6 mm a dĺžke 5 – 40 mm. Sú vyrábané z drevených alebo poľnohospodárskych zvyškov silným stlačením, ktoré sa nazýva peletovanie. Pre ich súdržnosť má okrem tlaku význam aj obsah lignínu v dreve, používa sa niekedy 2-3 % škrobu, pojivá alebo lepidlá sa tu nepoužívajú. Na rozdiel od spaľovania drevom sa pri horení peliet nevytvára dym. Pri dokonalom spaľovaní vzniká len bezfarebný CO_2 , vodná para a len nepatrné množstvo škodlivín. Navyše množstvo vzniknutého popola zodpovedá 0,5 % spáleného paliva čo predstavuje 5 kg popola na 1 tonu peliet. Tento popol sa dá využiť ako záhradné hnojivo [22].

Drevené pelety majú nízku vlhkosť (okolo 8 %) a nízky obsah popola. Vzniká tak biopalivo s veľkou energetickou hustotou, výhrevnosťou a výbornými vlastnosťami z hľadiska dopravy a manipulácie. Možnosti distribúcie peliet sú vo vreciach s hmotnosťou 10 – 25 kg, vo veľkých textilných vakoch (tzv. big-bag) s hmotnosťou 1000 kg alebo cisternovým automobilmom s pneumatickou dodávkou a flexibilnými hadicami. Svojou výhrevnosťou 16 – 18 MJ/kg dokonca predbehne aj niektoré druhy uh-

lia. Priemerná domácnosť zaplatí za vykurovanie peletami 20 000 až 25 000 korún za sezónu [16, 22, 23].



Obrázok 2.3 Drevené pelety [22]



Obrázok 2.4 Pelety z repkovej slamy [22]



Obrázok 2.5 Pelety zo sena [22]



Obrázok 2.6 Pelety zo slnečnice [22]

2.1.3 Brikety

Brikety sú vyrábané z drevených alebo rastlinných zvyškov lisovaním a silným stlačením – takzvaným briketovaním bez prídavných zmesí, spojív a lepidiel. Briketovaním vzniká nový druh biopaliva v tvare valcov, hranolov alebo šesťstenov s priemerom 40 až 100 mm a dĺžky do 300 mm. Výhrevnosťou sa brikety pohybujú v rozmedzí 12 až 18 MJ/kg, a dajú sa tak zaradiť medzi hnedé a čierne uhlie. Vďaka svojej vysokej objemovej hmotnosti pohybujúcej sa okolo 1000 až 1200 kg/m³ majú nízku vlhkosť (obsah vody okolo 8 %) a nízky obsah popola (1 až 3 %), ktorý je možné použiť ako hnojivo pre záhradku alebo trávnik. Pri dokonalom spaľovaní vzniká bezfarebný oxid uhličitý a vodná para a len malé množstvo škodlivín [23].



Obrázok 2.7 Lisovanie brikiet zo šľovníku [24]

Brikety sa distribuujú buď vo vreciach s hmotnosťou 10 kg alebo skladané na paletách zabalené do fólií do 1000 kg. To z nich robí palivo s výbornými vlastnosťami



z hľadiska manipulácie. Navyše sú vysoko univerzálnym palivom – dá sa s nimi kúriť vo všetkých typoch kotlov na drevo, uhlie alebo krbových kamnách. Najväčšiu účinnosť dosahujú v krboch na drevoplyn. Z pohľadu spotrebiteľa sa brikety líšia na 2 druhy. Prvý druh je z mäkkého dreva s otvorom uprostred ktorý umožňuje rýchle vykúrenie priestoru. Druhý typ brikiet tzv. RUF brikety dávajú pomalý a rovnomerný žiar až na 6 hodín [23, 25].

Obrázok 2.8 Drevené brikety [16]

Priemerná domácnosť zaplatí na vykurovanie briketami o niečo viac ako s peletami (cca 23 000 až 28 000 korún za sezónu), avšak brikety sú výhodné pre svoju univerzálnosť ako palivo do každého typu kotla [16, 25].

2.1.4 Drevená štiepka

Drevená štiepka je skrútená a rozdrvená drevená hmota dĺžky 3 až 250 mm. Získava sa z odpadu lesnej ťažby, priemyselného spracovania dreva alebo rýchlo rastúcich drevín. Obsah vody ihneď po ťažbe je 55 %, pri sušení počas leta klesá na 30 %. Podobne ako pri dreve, aj tu platí, že čím menej vody štiepka obsahuje, tým je jej výhrevnosť väčšia. Výhrevnosť suchej štiepky sa uvažuje v rozmedzí 8 až 15 MJ/kg [26].

Na trhu sa objavujú 3 druhy štiepky. Zelená štiepka obsahuje drobné vetvičky, lístie prípadne ihličie. Jej vlhkosť je vysoká čo sa negatívne odráža na výhrevnosti. Ďalej je to hnedá štiepka získaná zo zvyškových častí kmeňov a odrezkov. Jej hlavnou zložkou je kôra, ktorú je dokonca možné spoznať na jednotlivých štiepkach. Posledným druhom je biela štiepka získavaná obvykle z odrezkov pri pílení, neobsahuje však kôru ako hnedá štiepka [26].



Obrázok 2.9 Drevená štiepka [26]

Štiepku je možné spaľovať vo vyššej výkonnej škále kotlov od rodinných domov po veľké budovy. V prípade vykurovania štiepkou v rodinnom dome sa musí počítať s priestormi na jej uskladnenie. Sklad štiepky musí byť prevetrávaný aby sa štiepka dosušila a nesplesnivela. Prikladanie štiepky je podobne ako u peliet vyriešené šnekovým dopravníkom. Drevená štiepka ešte nie je používaným palivom pre domácnosti [26].

2.2 Kotle na biomasu

V akých zariadeniach sa teda môže biomasa spaľovať? Postupne budú predstavené 3 typy zariadenia a to krbová pec, kotol na pelety a splyňovací kotol na drevo.

2.2.1 Krbová pec na pelety

Krbová pec na pelety je jednoduchá a ľahko obsluhovateľná. Je vyhľadávaná aj kvôli estetickému vzhľadu horiaceho ohňa v miestnosti. Predávanie tepla tu prebieha sálaním, pri zapojení ventilátora tiež prúdením vzduchu. Pri spojení s tepelným výmenníkom je možné teplo z pece použiť na prípravu teplej úžitkovej vody. Tepelný výkon sa pohybuje od 6 do 10 kW, účinnosť spaľovania dosahuje 90 %. Vzhľadom na svoj výkon je vhodná na vykurovanie jednotlivých miestností, menších bytov alebo nízkoenergetických domov. Majú zásobník, ktorý sa dopĺňa raz na dva až štyri dni [16, 27].



Obrázok 2.11 Krbová pec [16]

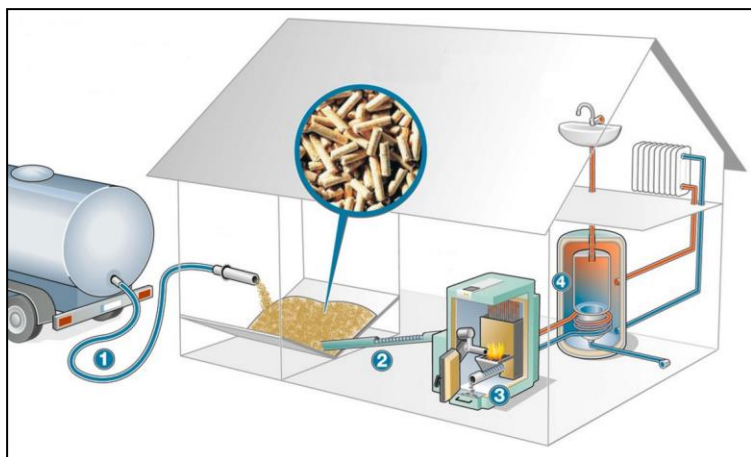
2.2.2 Kotol na pelety

Moderné peletové kotle sú plne automatizované, majú dobré spaľovacie vlastnosti a nízke emisie. Účinnosť takéhoto kotla sa šplhá až k 94 % a tepelný výkon sa pohybuje od 10 až do 30 kW. Teplo zo spaľovania peliet sa predáva vode ako vykurovaciemu médiu. Peletový kotol je určený na vykurovanie rodinných domov, dielní a kancelárií. Taktiež ako pri krbovej peci je možné riešiť prípravu teplej úžitkovej vody [16].



Obrázok 2.12 Kotol na pelety SmartFire 21 kW [28]

Kotol na pelety sa najčastejšie inštaluje v pivnici. Sklad peliet by mal byť čo najbližšie ku kotlu v prípade šnekového dopravníka, pri použití pneumatického systému je max. vzdialenosť 25 m. Okrem vriec a veľkých textilných vakov (Big Bag) sa dajú pelety dodať aj cisternovým automobilom. Cisterna pomocou stlačeného vzduchu dopraví pelety priamo do skladu až na vzdialenosť 30 m. Z pohľadu zákazníka sa táto varianta spolu s podávacím systémom javí ako najviac komfortný a bezpracný spôsob pri vykurovaní peletami (viď Obr. 2.10). Jedná sa teda o vysoko ekologické kotle s komfortnou obsluhou avšak s vyššou cenou [16].



Obrázok 2.10 Systém komfortného vykurovania peletami

1 – doprava peliet hadicou z cisterny do skladu

2 – dávkovanie peliet šnekovým dopravníkom

3 – automatický kotol na pelety

4 – akumulčná nádoba na prípravu vody na vykurovanie a úžitkovej vody [16]

2.2.3 Kotol na splyňovanie dreva

Jedná sa o úsporný a ekologický kotol vhodný pre vykurovanie rodinných domov alebo menších budov a pre prípravu teplej úžitkovej vody. Palivom môže byť kusové drevo, brikety a niektoré kotle spaľujú aj drevnú štiepku. To sa prikladá do zásobníku paliva, ktorý je umiestnený nad spaľovacou tryskou a komorou, kde sa tuhé palivo premieňa na plynné a to je možné oveľa spaľiť oveľa ľahšie. Na rozdiel od vyššie zmieňovaných automatických kotlov na pelety sú splyňovacie kotly lacnejšie, avšak s nutnosťou pravidelnej obsluhy znižujúcej tak komfort zákazníka. Účinnosť týchto kotlov sa dosahuje až 92 % a tepelný výkon sa pohybuje v rozmedzí 15 – 50 kW s možnosťou regulácie [16, 29, 30].



Obrázok 2.13 Kotol na splyňovanie dreva

1 – rošt

2 – dýza na splyňovanie

3 – ťah spalín

4 – spalinovod

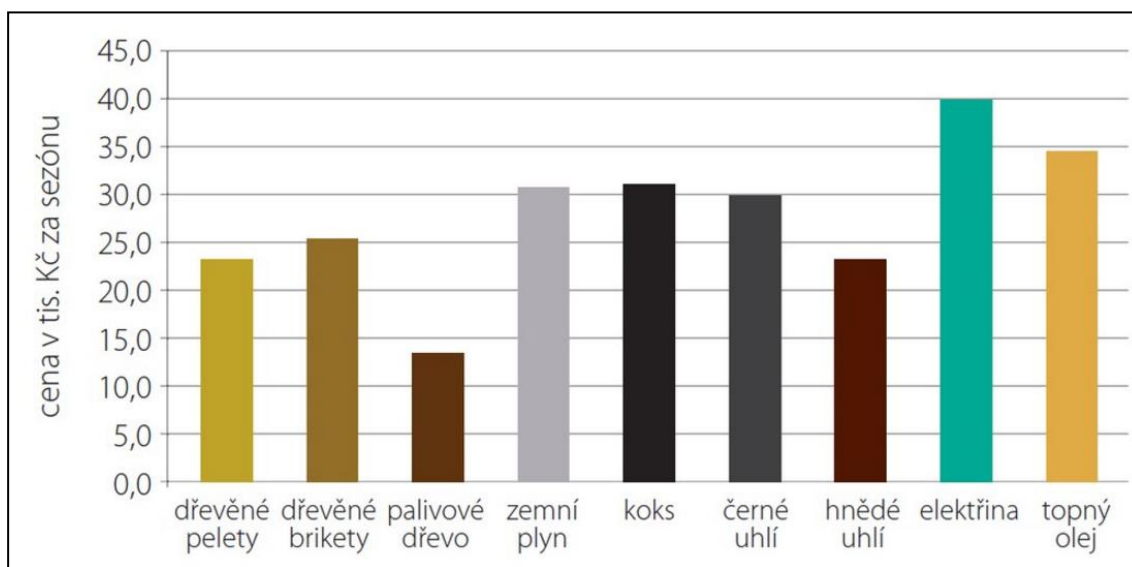
5 – popolník

6 – riadiaca jednotka [30]

2.3 Vykurovanie biomasou z hľadiska používateľa

Narastajúce ceny ropy, zemného plynu a uhlia zvýšili hodnotu biomasy ako energetického zdroja pre vykurovanie. Využívanie biomasy je jednak lacnejší spôsob vykurovania a navyše má oveľa menší dopad na životné prostredie ako fosílné palivá. Preto sa ľudia vracajú späť k vykurovaniu biomasy, ktorá medzi rokmi 2001 a 2011 zaznamenala nárast o 75,5 % v prípade dreva. Celkovo v Českej republike vykuruje biomasou 8 % domácností [3].

Nasledujúci graf zobrazuje výšku nákladov pri vykurovaní daným palivom (vid' Obr. 2.14). Výpočet nákladov za vykurovanie vychádza zo štatistík cien palív pre domácnosti Ministerstva priemyslu a obchodu, Českého štatistického úradu a údajov CZ Biom. Vo výpočte je uvažovaný modelový príklad spotreby tepla 70 GJ za rok a bežné typy kotlov. Z grafu je zrejmé, že najekonomickejšie palivo je palivové drevo. Naopak, najdrahšia varianta je vykurovanie elektrinou. Na druhom mieste za drevom sa nachádza vykurovanie peletami, hnedým uhlím a briketami [16].



Obrázok 2.14 Náklady na vykurovanie [16]

V tabuľke 2.1 a 2.2 je modelový prepočet investičných a prevádzkových nákladov pri vykurovaní kotlom na pelety a kusovým drevo pri cene peliet 5,5 Kč za kilogram resp. 3 Kč za kilogram dreva. Investičné náklady sú použité z portálu TZB-INFO.CZ a prepočet prevádzkových nákladov je s pomocou online kalkulačky www.mojecerpadlo.com. Investičné náklady sú vyššie oproti kotlu na uhlie, ak však zoberieme do úvahy dotáciu vo výške 80 % cena za kotol na pelety alebo drevo bude nižšia. Prevádzkové náklady pre 4 ľudí a tepelnú stratu objektu 10 kW sú zhruba 41 600 Kč na rok pri vykurovaním peletami resp. 31 000 Kč na rok pri vykurovaním kusovým drevom [18, 29, 33].

Tabuľka 2.1 Náklady na energie pri vykurovaní peletami pre 4 ľudí a s tepelnou stratou objektu 10 kW

Vykurovanie drevenými peletami			
Investičné náklady [Kč]		Prevádzkové náklady [Kč/rok]	
Kotol SmartFire 21 kW, násypka 470 l	75 350	Náklady na ÚK (3 494 kg peliet)	19 218
Kúrenárske práce (materiál, práca)	24 000	Náklady na TUV (859 kg peliet)	4 724
Napojenie na komín	2 500	Spotreba el. v domácnosti (2 720kWh/rok)	13 138
Bojler Logalux S120/2	10 387	Paušál elektrina (3x25A)	1 080
Stavba komína	0	Ročná revízia kotla	2 500
		Ročná revízia komína	1 000
CELKOM s DPH 15%	129 073	CELKOM s DPH	41 660
CELKOM s kotlíkovou dotáciou 80%	25 815		

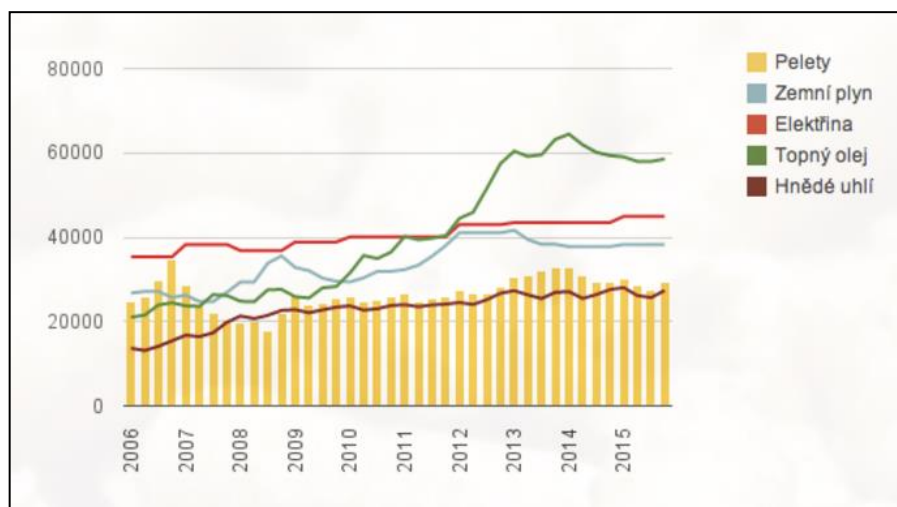
Tabuľka 2.2 Náklady na energie pri vykurovaní kusovým drevom pre 4 ľudí a s tepelnou stratou objektu 10 kW

Vykurovanie kusovým drevom			
Investičné náklady [Kč]		Prevádzkové náklady [Kč/rok]	
Kotol HolzMaster 20 kW	65 730	Náklady na ÚK (4 068 kg dreva)	12 205
Akumulačná nádoba 1000 litrov	12 000	Náklady na TUV (1 000 kg peliet)	3 000
Kúrenárske práce (materiál, práca)	24 000	Spotreba el. v domácnosti (2 720kWh/rok)	13 138
Napojenie na komín	2 500	Paušál elektrina (3x25A)	1 080
Bojler Logalux S120/2	10 387	Ročná revízia kotla	2 500
Stavba komína	0	Ročná revízia komína	1 000
CELKOM s DPH 15%	131 810	CELKOM s DPH	31 112
CELKOM s kotlíkovou dotáciou 80%	26 362		

Lacnejšie ako elektrina a plyn, ekologickejšia ako uhlie a pohodlnejšia ako drevo. Také je vykurovanie peletami. Kto však chce vykurovať peletami, musí investovať desaťtisíce korún do nového kotla. Vynaložené peniaze sa však vrátia po pár rokoch. Pri prechodu z plynu (starší obyčajný plynový kotol) je to 8 rokov, pri prechode z elektriny 2 až 3 roky ak uvažujeme tepelnú stratu objektu 20 kW. Naopak, pri prechode od vykurovania hneďým uhlím sa musíme pripraviť na vyššie ročné náklady, avšak získame komfort a dobrý pocit z ekologického vykurovania. Pre mnohé domácnosti je to nevyhnutná investícia, keďže Novela Zákona o ochrane ovzdušia povoľuje do budúcnosti len kotle 3. a vyššej emisnej triedy. V roku 2017 začnú povinné revízie kotlov, kde by porušenie zákona mohlo byť pokutované [29, 31].

V posledných rokoch je cena peliet celkom stabilná (vid' Obr. 2.15) a stále si udržiava odstup od zemného plynu a elektriny. Pri nákupe však treba pamätať aj na kvalitu paliva ktoré sa bude v kotli spaľovať. Na trhu sa vyskytujú aj tzv. alternatívne pelety, čo je akýkoľvek rastlinný materiál zlisovaný do tvaru peliet. Sú o 50 % lacnejšie ako

klasické drevené pelety, avšak môžu nastať veľké problémy pri prevádzke kotla – spekanie popola, zlá súdržnosť peliet, agresívne spaliny a pod. [29].



Obrázok 2.15 Náklady na vykurovanie peletami [32]

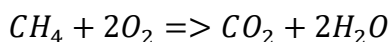
Hlavnou výhodou automatických kotlov na pelety alebo drevo sú nižšie náklady v porovnaní s plynom a elektrinou. V prípade dreva dokonca jeden z najnižších. Navyše regulácia je porovnateľná s plynovým kotlom. Je možné realizovať aj podlahové vykurovanie. Oproti vykurovaniu uhlím a drevom je pri spaľovaní peliet komfort oveľa vyšší – stačí vyberať popol 1x za cca 6 týždňov. Úlety prachu sú veľmi nízke a tak sa majiteľ nemusí báť o čistotu fasády či záhradky. Jedná sa o vysoko ekologické vykurovanie. Na druhú stranu, prvotná investícia do takéhoto kotla, vrátane pneumatického podávača, nie je malá. Manipulácia s palivom a popolom je nevyhnutá, i keď už nie v takej miere ako pri uhlí. Stále je potrebná miestnosť na sklad paliva. Je však pravdepodobné, že kotle na biomasu majú v našej spoločnosti budúcnosť a ich počet majiteľov bude vzrastať [29, 33].



Obrázok 2.16 Kotel na drevo HolzMaster 20 kW [34]

3 Vykurovanie zemným plynom

Zemný plyn je zmes uhl'ovodíkov prevažne metánu CH_4 (98 %) a inertných plynov. Sám o sebe je bezfarebný, nezapáchajúci, horľavý a ľahší ako vzduch. Používa sa na vykurovanie, varenie na ohrev vody v elektrárňach, teplárňach v kogeneračných jednotkách a v doprave ako pohon vozidiel. Tam sa vyskytuje v dvoch formách a to **CNG**⁴, čo je stlačený zemný plyn pri tlaku 200 barov a **LNG**⁵, skvapalnený zemný plyn pri teplote $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$. Proces spaľovania zemného plynu sa dá vyjadriť nasledujúcou rovnicou [35]:



3.1 Kotle na zemný plyn

Plynové kotle sa rozdeľujú podľa spôsobu umiestnenia na **stacionárne kotle** a **závesné kotle**. Stacionárne kotle sú umiestnené v samostatnej technickej miestnosti a sú vhodné na vykurovanie rozľahlejších priestorov ako sú rodinné domy, školy, úrady a haly. Závesné plynové kotle patria k najrozšírenejším zariadeniam na vykurovanie bytov a rodinných domov. Výhodou sú malé rozmery, takže na prevádzku nie je potrebná špeciálna technická miestnosť. Oba typy kotlov zabezpečujú okrem vykurovania aj ohrev teplej úžitkovej vody či už vstavaným zásobníkom alebo napojením na bojler [36].



Obrázok 3.1 Závesný kondenzačný kotol Viessnam Vitodens 300-W [37]

Plynové kotle je možné ďalej rozdeliť podľa spaľovania na klasické **teplovodné kotle** a **kondenzačné kotle**. Teplovodný kotol je v porovnaní s kondenzačným lacnejší, avšak za cenu nižšej účinnosti, ktorá dosahuje v priemere 90 %. Tento kotol je založený na princípe suchých spalín. Najnižšia teplota vody vracajúcej sa do kotla späť tzv. spiatka je obmedzená na minimálnu teplotu $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. To zabezpečuje zariadenie za kotlom. Ak by teplota klesla pod $57\text{ }^{\circ}\text{C}$, čo je teplota rosného bodu spalín, dochádzalo by ku kondenzácii vodnej pary v spalínach a to by spôsobilo koróziu teplovýmennnej plochy v mieste vstupu vody do kotla. Teplota unikajúcich spalín sa pohybuje od 90 do $160\text{ }^{\circ}\text{C}$. Toto je nevyužitá teplo, ktoré dokážu zužitkovať len kondenzačné kotle. Preto sa odporúča vymeniť starý kotol za nový kondenzačný. Navyše po 26.9.2015 platí zákaz uvádzania nekondenzačných plynových kotlov (s výnimkou kotlov pre vykurovanie do 10 kW) na trh v Európskej únii [36, 38].

Kondenzačné kotle sa vyznačujú vyššou cenou (cca. o $10\,000$ až $20\,000\text{ Kč}$), avšak prevádzka je ekonomickejšia i ekologickejšia. Obsah škodlivín CO_2 a NO_x je znížený na minimum a kondenzát obsahujúci ďalšie kyslé látky sa nedostane do ovzdušia.

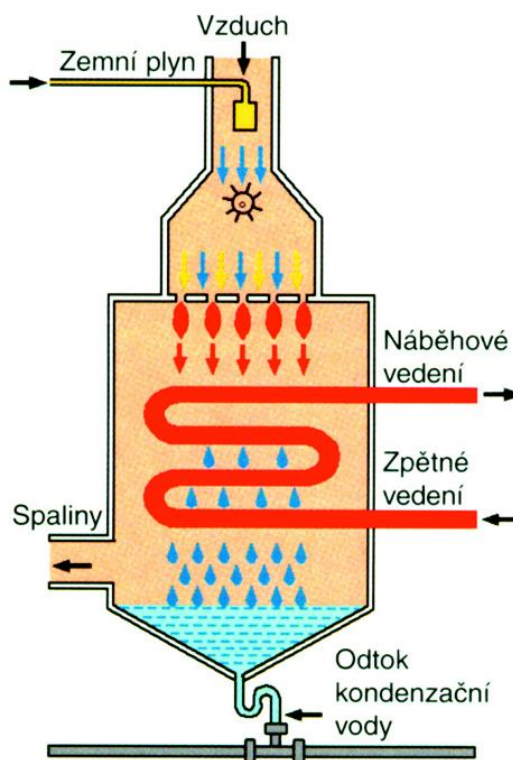
⁴ Z angl. *Compressed Natural Gas*

⁵ Z angl. *Liquefied Natural Gas*

Odhadovaná návratnosť výmeny teplovodného kotla za kondenzačný je 4 až 5 rokov [36].

3.1.1 Princíp ohrevu kondenzačných plynových kotlov

Pri spaľovaní metánu vzniká určité množstvo vody. Počas horenia dochádza k jej ohrevu a spolu s oxidom uhličitým odchádza preč vo forme spalín. Tie však so sebou odnášajú časť tepelnej energie, tzv. latentné teplo. V takomto prípade sa definuje výhrevnosť zemného plynu $H_i = 9,97 \text{ kWh/m}^3$. Ak by však všetka vodná para skondenzovala na kvapalnú vodu, čo je priaznivý stav, definuje sa spalné teplo plynu $H_s = 11,06 \text{ kWh/m}^3$. Ak sa spaliny ochladia pod teplotu rosného bodu – pod 57°C , dôjde ku kondenzácii vodnej pary uvoľneniu latentného tepla. Podielom spalného tepla a výhrevnosti je vidieť, že teplo ktoré je možné získať pri úplnej kondenzácii je 11 % z výhrevnosti zemného plynu. Toto teplo sa využíva na pred ohrev vratnej vody. Ak však teplota vratnej vody zo systému bude vyššia ako teplota rosného bodu spalín, nedôjde ku kondenzácii a kotol bude pracovať s účinnosťou nízkoteplotného kotla. Účinnosť kondenzačného kotla je pomerne vysoká, môže sa vyšplhať až na 97,5 %. Každý kondenzačný kotol potrebuje odvod kondenzátu, buď priamo na kanalizačnú sieť alebo pred vstupom do kanalizácie sa vykonáva neutralizácia kondenzátu. Množstvo kondenzátu zemného plynu je $1,53 \text{ kg/m}^3$ [35,39].



Obrázok 3.2 Princíp spaľovania zemného plynu v kondenzačnom kotly [40]

3.2 Vykurovanie zemným plynom z hľadiska používateľa

Využitie zemného plynu zaznamenalo v 90. rokoch 20. storočia veľký rozvoj. Nielenže je lacnejší ako elektrina, ale navyše je relatívne ekologický. Veď pri spaľovaní zemného plynu sa v porovnaní s hnedým uhlím uvoľňuje až o 50 % menej emisií CO_2 , o 76 % menej emisií NO_x a ďalšie obvyklé emisie sú minimálne alebo nulové. Faktor emisií CO_2 $K = 0,277 \text{ kg/kWh}$ a navyše pri spaľovaní zemného plynu nevznikajú pevné nespálené častice ako prach či sadze. Jeho doprava potrubím je ľahká, minimálne stratová a nenarušuje ráz krajiny. Medzi azda najväčšie výhody vykurovaním zemným plynom patrí pohodlná prevádzka. Kotle na zemný plyn



Obrázok 3.3 Zemný plyn [36]

sú plne automatizované a ľahko regulovateľné s dobrou účinnosťou, s výbornou účinnosťou prípade kondenzačných kotlov. Výhodou je taktiež príprava teplej úžitkovej vody a varenie na plyne je lacnejšie oproti elektrine. Plyn je k dispozícii 365 dní v roku a navyše nie je potrebný sklad paliva ako pri uhlí či biopalive. Podľa Českého Štatistického Úradu v roku 2011 vykurovalo zemným plynom až 1 470 000 domácností, bez započítania teplární, čo je 38 % v celej republike. Oproti roku 2001 sa zaznamenal nárast o 5 %. So započítaním teplární je domácností 62 %. Zemný plyn je teda perspektívne ekologické palivo, jeho svetové zásoby sa odhadujú na 150 až 200 rokov [3, 41, 42, 43].

Medzi hlavné nevýhody patria náklady plynovú prípojku na napojenie na verejný plynovod a vyššie náklady v porovnaní s tuhými palivami. Je taktiež nutné zaistiť odvod kondenzátu. Niektorí ľudia sa obávajú explózie v prípade úniku plynu. Na vznietenie stačí len 5 – 15 % plynu v miestnosti [35, 42, 44].

V tabuľke 3.1 je modelový prepočet investičných a prevádzkových nákladov pri vykurovaní kondenzačným plynovým kotlom pri cene plynu 1,28 Kč/kWh. Investičné náklady sú použité z portálu TZB-INFO.CZ a prepočet prevádzkových nákladov je s pomocou online kalkulačky www.mojecerpadlo.com. Investičné náklady sú menšie oproti kotlu na uhlie a pelety. Prevádzkové náklady pre 4 ľudí a tepelnú stratu objektu 10 kW sú zhruba 42 700 Kč na rok a teda porovnateľné s kotlom na biomasu [14].



Obrázok 3.4 Kondenzačný kotol VITODENS 343-F [45]

Tabuľka 3.1 Náklady na energie pri vykurovaní plynovým kotlom pre 4 ľudí a s tepelnou stratou objektu 10 kW

Vykurovanie kondenzačným plynovým kotlom			
Investičné náklady [Kč]		Prevádzkové náklady [Kč/rok]	
Kotol Buderus Logamax plus GB172, 13kW + bojler Logalux 120	41 525	Náklady na ÚK (18 333 kWh)	19 556
Kúrenárske práce (materiál, práca)	24 000	Náklady na TUV (3 755 kWh)	4 807
Napojenie na komín	2 500	Spotreba el. v domácnosti (2 000kWh/rok)	9 660
Stavba komína	0	Varenie plynom (700 kWh)	922
		Paušál elektrina (3x25A), plyn	4 214
		Ročná revízia kotla	2 500
		Ročná revízia komína	1 000
CELKOM s DPH 15%	78 229	CELKOM s DPH	42 659
CELKOM s kotlíkovou dotáciou 75%	19 558		

Zemný plyn sa dá označiť primárne ako komfortné palivo. Síce nie je lacnejší ako uhlie, ďaleko ho však predbieha v oblasti pohodlia. Navyše jeho cena dlhodobo klesá (vid' Obr. 3.5). V grafe je vynesená závislosť USD/mmBtu na čase. Pre lepšiu predstavu $1 \text{ mmBtu} = 28,26 \text{ m}^3$.



Obrázok 3.5 Vývoj ceny zemného plynu [46]

4 Vykurovanie elektrinou

Vykurovanie elektrickou energiou má v súčasnosti napriek vysokej cene za kWh a teda aj prevádzkovým nákladom relatívne nemalý počet stúpecov. V roku 2011 podľa sčítania ľudu elektrinou vykurovalo 7,7 % domácností⁶. Dôvodom je hlavne nižšia počiatočná investícia, vysoká miera komfortu a súčasne ľahká a presná regulácia výkonu [3, 47].

Zdrojom tepla môže byť **priamovykurovací zdroj, akumulčný zdroj** alebo tepelné čerpadlo. Náklady na vykurovanie závisia od dvojtarifových sadzieb. Elektrina je počas dňa dodávaná v nízkom tarife (NT) a v zostávajúcom čase vo vysokom tarife (VT). V tejto časti je popísaný princíp činnosti priamovykurovacím a akumulčným zdrojom, tepelným čerpadlám sa bude venovať až v kapitola číslo 6 [48].

4.1 Priamovykurovací zdroj



Obrázok 4.1 Sklenené sálavé panely ECOSUN 300 G [49]

Priamovykurovacie zdroje sú založené na princípe okamžitej výroby tepla a jeho predávaní teplonosnej látke. Zdroje tepla môžu byť uložené priamo vo vykurovanej miestnosti napr. sálavé panely, infražiariče, priamovykurovacie konvektory a podlahové fólie alebo mimo vykurovaných miestností – elektrokotol. **Elektrické podlahové vykurovanie** je vhodné pre nízkoenergetické domy alebo ako doplnková vykurovacia plocha, výhodou je dlhá životnosť káblov. **Infražiariče** využívajú vlastnosti infračerveného žiarenia. Odporový prvok v žiariči sa zahrieva a nahrieva prednú dosku. Cez tento povrch sa tvorí vlnová dĺžka infračervenej energie, ktorá sa pri dopade na akékoľvek pevné teleso premení na teplo. Tento spôsob vykurovania sa najviac používa pre väčšie priestory a sklady. Moderné **nástenné sálavé panely** okrem funkcie vykurovania

prispievajú aj k estetickému kvalite interiéru (vid'. Obr. 4.1). Výhody oproti akumulčnému zdroju sú nízke nároky na dimenzovanie distribučnej siete, prípojky a hlavného domového vedenia. Nízke investičné náklady, jednoduchá obsluha a komfort je však kompenzovaná vyššími prevádzkovými nákladmi [48, 50, 51].



Obrázok 4.2 Nástenný infražiarič ewt Strato IR 218 S [49]

⁶ Do toho počtu je zahrnuté aj vykurovanie tepelným čerpadlom a využitie solárnej energie

4.2 Akumulačný zdroj

Akumulačné zdroje fungujú na princípe ukladania energie v dobe nízkeho tarifu do akumulátora tepla – teplovodný zásobník, magnezitové tehly alebo betónová vrstva podlahy – aby sa v čase energetickej špičky uvoľnila vo forme tepla. Zdroje tepla môžu byť umiestnené vo vykurovacej miestnosti napr. akumulčná pec, podlahové káble, podomietkové vykurovacie fólie alebo mimo vykurovaných miestností napr. akumulčný teplovodný zásobník. Takýto zdroj je vhodný na vykurovanie menších bytov. Výhodou je už vyššie spomenutý odber energie v dobe nízkeho tarifu a prevádzkové náklady sú oproti priamovykurovaciemu zdroju menšie. Oproti tomu náklady na dimenzovanie distribučnej siete, prípojky a hlavného domového vedenia sú vyššie [48, 51].



Obrázok 4.3 Akumulačná pec ECODYNAMIC – VFMi [52]

4.3 Vykurovanie elektrinou z hľadiska používateľa

O elektrickom vykurovaní sa dá hovoriť ako o najkomfortnejšom spôsobe vykurovania na trhu. Vyznačuje sa vysokou mierou regulácie, nízkymi investičnými nákladmi a bezhlučnou prevádzkou, čo sa o kotloch na tuhé palivá povedať nedá. Ak sa na chvíľu nebudeme zaoberať spôsobom výroby elektriny v ČR, je tento typ vykurovania pre domácnosti absolútne bez emisií a znečisťujúcich látok [53].

V tabuľke 4.1 je modelový prepočet investičných a prevádzkových nákladov pri vykurovaní elektrokotlom DAKON Daline PTE pri cene elektriny 2,35 Kč/kWh⁷. Mesačný paušál 461,71 Kč pre istič 3x25 A. Investičné náklady sú použité z portálu TZB-INFO.CZ a prepočet prevádzkových nákladov je s pomocou online kalkulačky www.mojecerpadlo.com. Investičné náklady sú oveľa menšie ako pri kotla na pevné palivo alebo plyn, ak nerátame peniaze z kotlíkovej dotácie, ktorá sa na elektrické zdroje nevzťahuje. Na druhej strane, prevádzkové náklady pre 4 ľudí a tepelnú stratu objektu 10 kW sú zhruba o 16 000 Kč na rok vyššie ako pri vykurovaní plynom a peletami a takmer dvakrát také veľké ako pri vykurovaní hnedým uhlím [14, 54].



Obrázok 4.4 Elektrický kotol DAKON Daline PTE [55]

⁷ ČEZ, nízka tarifa D45d

Tabuľka 4.1 Náklady na energie pri vykurovaní plynovým kotlom pre 4 ľudí a s tepelnou stratou objektu 10 kW

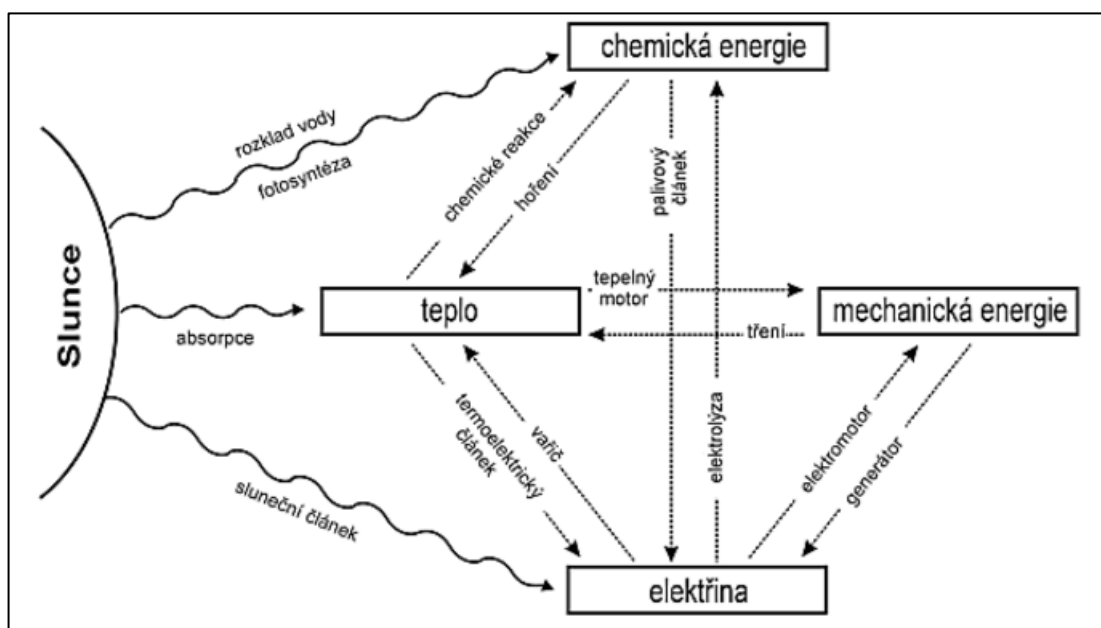
Vykurovanie elektrickým kotlom			
Investičné náklady [Kč]		Prevádzkové náklady [Kč/rok]	
Kotol DAKON Daline PTE	16 372	Náklady na ÚK (15 632 kWh)	36 734
Kúrenárske práce (materiál, práca)	12 000	Náklady na TUV (3 842 kWh)	9 029
Elektrický bojler Tatramat EO V 122	4 286	Spotreba el. v domácnosti (2 720 kWh/rok)	6 392
		Paušál elektrina (3x25A)	5 532
		Ročná revízia kotla	700
CELKOM s DPH 15 %	36 258	CELKOM s DPH	58 387

Vykurovanie elektrickou energiou je aj napriek všetkým výhodám popísaným vyššie stále v úzadí. Môže za to vysoká cena elektriny, ktorá radí túto technológiu medzi nie veľmi využívané zdroje. Pre svoju čistú prevádzku je vhodná na vykurovanie kúpeľných a rekreačných stredísk alebo tam, kde skrátka nie je prístup k prípojke zemného plynu [53].

5 Vykurovanie slnečnou energiou

Na Zem dopadne zo Slnka iba pol miliardytiny žiarenia. Avšak aj tento malý zlomok predstavuje 180 tisíc terawattov čo je 14 tisíckrát viac, než dnes spotrebováva celé ľudstvo. Zmenšujúce sa zásoby fosílnych palív a ich negatívny dopad na životné prostredie, núti odborníkov hľadať alternatívne, trvalé a ekologické čisté zdroje. Zhodujú sa v tom, že slnečná energia bude čoraz viac nahradzovať fosílna palivá. Slnko je prirodzeným, dokonalým a úplne bezpečným termonukleárnym zdrojom, bez potreby dodávať palivo ani ho uskladňovať po vyhorení so životnosťou na ešte 4 až 5 miliárd rokov [56].

Na svete už existuje mnoho zariadení na premenu slnečnej energie na teplo, chemickú energiu (fotosyntéza), elektrinu alebo mechanickú energiu (slnečné automobily, lietadlá). Teplo sa využíva na ohrev vody, najčastejšie pomocou **solárnych kolektorov**. Premena slnečnej energie na elektrický prúd prebieha vo **fotovoltaických článkoch**. V stredoeurópskych podmienkach dopadá na 1 m² niečo cez 1000 kWh slnečnej energie ročne. Nie je to mnoho, ale ak spočítame plochu všetkých osvetlených striech a stien domov, dostávame státisíce kWh ročne, ktoré sa nechávajú unikať. Hlavným dôvodom je vysoká cena fotovoltaických panelov, výkyvy výkonu počas dňa a noci a závislosť na počasi [56].



Obrázok 5.1 Premena slnečného žiarenia buď priamo (vlnovka) alebo nepriamo (prerušované šípky) [56]

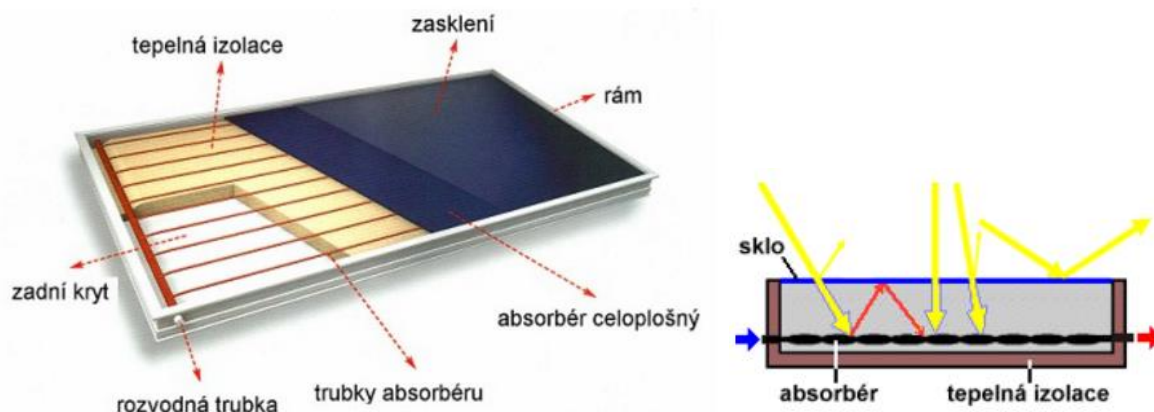
5.1 Solárne kolektory

Proces, ktorý premieňa slnečné žiarenie na teplo sa nazýva absorpcia žiarenia. Teplo sa získava z rôznych zariadení, či už v skleníkoch, slnečných peciach, slnečných sušičkách, slnečných domoch alebo **solárnych kolektoroch**. Je to zariadenie určené na pohltenie slnečného žiarenia a jeho premenu na teplo, ktoré predáva teplonosnej látke pretekajúcej kolektorom. Táto látka je väčšinou kvapalina a to buď voda alebo nemrznúca zmes propylénglykolu. V Českej republike prevládajú na trhu kvapalinové kolektory a to vákuové trubicové, vákuové ploché, ploché zasklené a ploché kolektory bez transparentného krytu. Najpoužívanším typom kolektorov je plochý zasklený kolektor (viď

Obr. 5.2). Ich cena oproti vákuovým kolektorom je približne polovičná až tretinová, avšak s horšou účinnosťou. Je používaný na ohrev teplej vody, bazénovej vody alebo na prikurovanie. Vďaka kotlíkovej dotácii je možné získať prostriedky na solárne sústavy pre prikurovanie alebo prípravu teplej vody, ale len v prípade ako doplnok k výmene zdroja tepla pre vykurovanie [56, 57, 58].

5.1.1 Princíp fungovania kolektora

Základom každého kolektora je absorbér, zachytávajúci krátkovlnné žiarenie a premieňa ho na teplo. Je vyrobený väčšinou z kovu – hliník, meď oceľ. Získanú tepelnú energiu mu odoberá médium prúdiace v kanáloch. Absorbér je spolu s kanálmi uložený v skrini v ktorej je umiestnená tepelná izolácia, ktorá znižuje straty dozadu a do bokov. Vpredu sa umiestňuje solárne bezpečnostné sklo, ktoré neprepúšťa dlhovlnné lúče a vytvára tak skleníkový efekt (vid' Obr. 5.2). Toto sklo sa podrobuje náročným mechanickým skúškam, pretože potrebuje odolávať pôsobeniu vonkajšieho prostredia [59, 60].

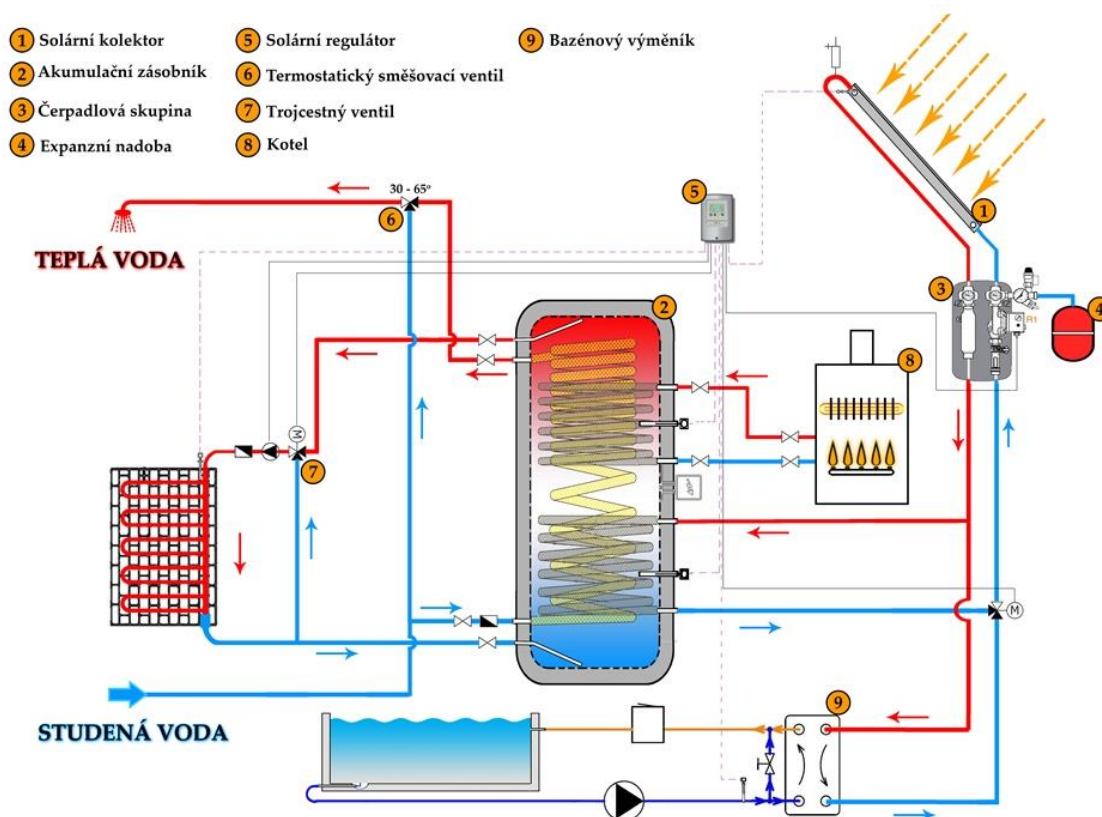


Obrázok 5.2 Konštrukcia plochého kvapalinového kolektoru (vľavo)[58] a rez kolektorom (vpravo)[61]

Reálna účinnosť kolektorov je nižšia ako maximálna udávaná výrobcom a závisí na type kolektoru a aktuálnom počasi. Pohybuje sa v rozmedzí od 30 – 70 %. V lete za slnečného dňa je možné pomocou 1 m² ohriať 100 l vody na teplotu okolo 55 °C, avšak v zime dokážu kolektory ohriať vodu len o niekoľko stupňov [60, 62].

5.1.2 Solárny systém

K vykurovaniu alebo ohrevu teplej vody však samotný kolektor nestačí. Preto sa k nemu pripájajú ďalšie prvky vykurovacej sústavy, ktoré spolu tvoria solárny systém. Hlavnými prvkami solárneho systému sú kolektor, tepelný výmenník, obehové čerpadlo, expanzná nádoba a regulačné prvky. V tepelnom výmenníku predáva médium teplo úžitkovej vode. Obehové čerpadlo zaisťuje cirkuláciu média v okruhu solárneho systému. Expanzná nádoba má za úlohu vyrovnávať zmeny objemu média pri rôznych teplotách a regulačné prvky riadia celý systém na základe údajov nameraných čidlami v rôznych častiach systému. Solárne systémy môžu byť sústavou pre sezónnu alebo celoročnú spotrebu. Je často kombinovaný s inými zdrojmi energie a využívaný tak ako prikurovací systém. Na Obrázku 5.3 je znázornený solárny systém pre ohrev vody, prikurovanie a ohrev bazénu [63].



Obrázok 5.3 Solárny systém pre ohrev vody, prikurovanie a ohrev bazénu [64]

Pre podmienky strednej Európy sa počíta s tým, že solárny systémy pokryje asi 50 – 60 % ročnej spotreby teplej úžitkovej vody. V letných mesiacoch dokáže tento systém pokryť takmer 100 % energetickej spotreby, zatiaľ čo v zime klesá podiel solárnej energie na 10 %. V letnom období, kedy majú solárne sústavy prebytok tepla, je možné túto energiu použiť na produkciu chladu v solárnych kombi - plus sústavách [62, 65].

5.2 Fotovoltaické panely

Fotovoltaika je technológia pre priamu premenu slnečného žiarenia na elektrinu. Jedná sa o jediný zdroj elektriny bez pohyblivých súčastí. Táto technológia sa považuje za trvale udržateľnú z dôvodu dostatku paliva, ktoré bude v zásobách ešte miliardy rokov a rýchlej návratnosti investícií. Takto vyrobený prúd sa používa na napájanie elektrospotrebičov v domácnosti alebo k ohrevu vody. V podmienkach Českej republiky sa energia vráti zhruba za 2 roky, pričom očakávaná životnosť je 30 rokov [66].

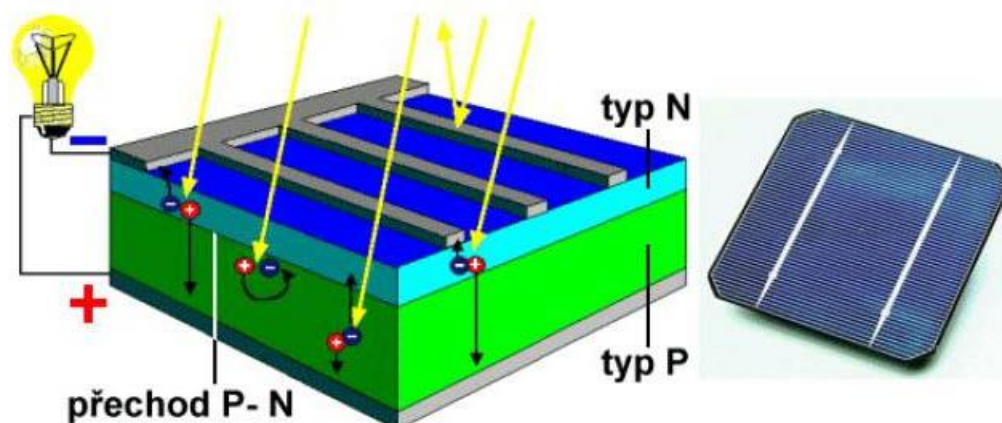
5.2.1 Princíp fungovania fotovoltaického panelu

Základom každého fotovoltaického panelu je fotovoltaický článok (vid' Obr. 5.4). Je to v podstate polovodičová dióda, ktorej základom je tenká kremíková dosička s vodivosťou typu P⁸. Na ňu sa pri výrobe naniesie tenká vrstva polovodiča typu N⁹ a obe vrstvy sú prepojené tzv. P-N prechodom. Dopadom slnečného svetla vznikne vnú-

⁸ U polovodiča typu P (Positive) je prúd vedený voľnými dierami

⁹ U polovodiča typu N (Negative) je prúd vedený voľnými elektrónmi

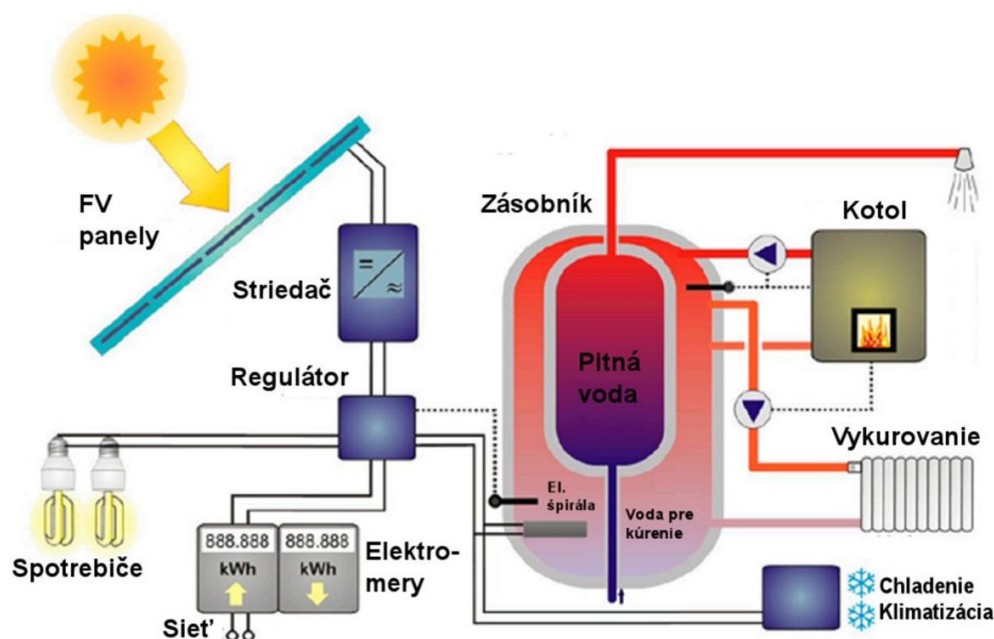
torný fotoelektrický jav a v polovodiči sa začnú uvoľňovať záporné elektróny. Na P-N prechode sa vytvorí elektrické napätie, dosahujúce veľkosť približne 0,5 V [67].



Obrázok 5.4 Fotovoltaický článok (vľavo) a panel (vpravo) [67]

5.2.2 Fotovoltaická elektrárň

K výrobe elektrickej energie však nestačí samotný fotovoltaický panel. Okrem neho sa do obvodu umiestňuje striedač, ktorý mení jednosmerný prúd vyrobený panelmi na striedavý. Regulátor je riadiacou jednotkou a zároveň v čase prebytku energie ju uskladňuje a v prípade zvýšeného odberu energiu dodáva do siete. Celý systém je prepojený so špeciálnymi káblami s vyššími požiadavkami na mechanickú a poveternostnú odolnosť. Výhodou takejto domácej elektrárne (viz. Obr.5.5) je možnosť prikurovania teplej vody alebo napojenia na verejnú sieť a v čase prebytku energie ju do tejto siete predávať [68].



Obrázok 5.5 Domáca fotovoltaická elektrárň [69]

5.3 Vykurovanie slnečnou energiou z hľadiska používateľa

V porovnaní s ostatnými spôsobmi vykurovania má tento spôsob rôzne iné výhody. Azda najväčšia výhoda je nevyčerpatelný zdroj paliva, ktorý je navyše ekologický a bezhlučný. Prevádzka solárnych systémov, či už kolektorov alebo fotovoltaiky, nevyžaduje žiadnu obsluhu a je veľmi ľahko regulovateľná. Relatívne vysoká životnosť zaručuje spoľahlivý chod systému. Pri slnečných kolektoroch je životnosť stanovená výrobcom 30 rokov, v prípade fotovoltaiky je to 30 až 40 rokov pričom výrobcovia garantujú maximálny pokles účinnosti o 20 % po prevádzke 25 rokov [70, 71].

Na druhej strane, výkonnosť solárnych systémov je silne závislá na počasi. V tunajších zemepisných podmienkach je priemerná ročná doba slnečného svitu krátka a intenzita slnečného žiarenia pomerne nízka. Preto je nutné mať záložný zdroj elektriny alebo tepla. Náklady na investíciu sú pomerne vysoké, takže doba návratnosti sa môže značne predĺžiť v závislosti od typu systému [71].



Obrázok 5.6 Fotovoltaická elektrárň na streche domu [72]

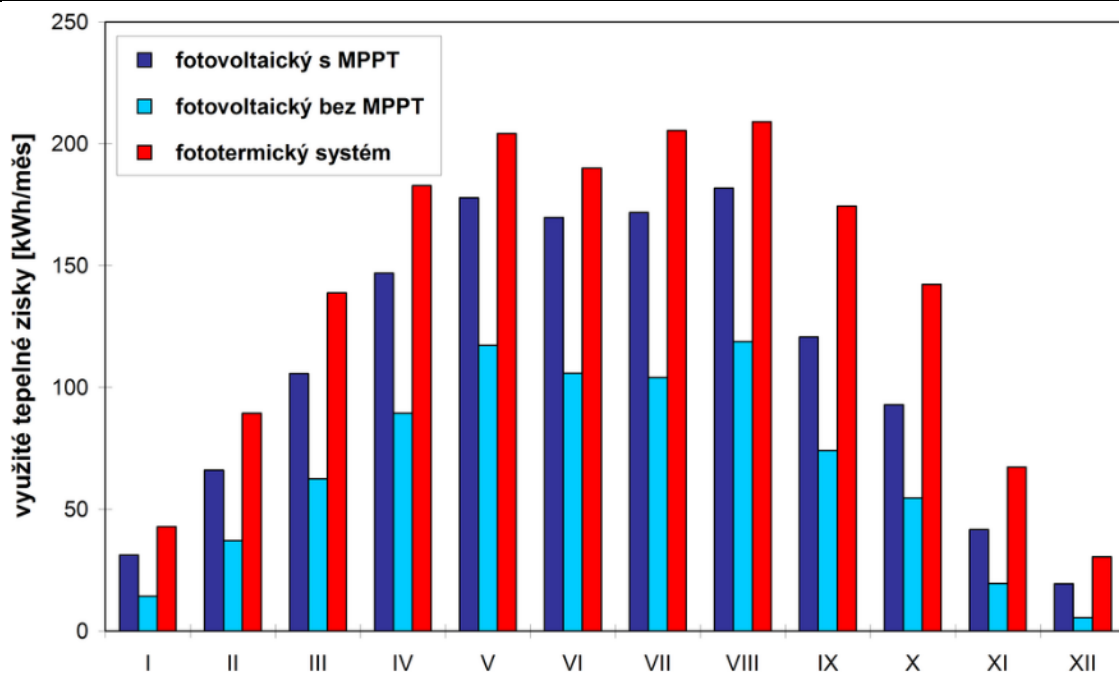
Aký spôsob je teda najvýhodnejší pri vykurovaní a ohreve teplej vody? Je výhodnejšie zvoliť solárne kolektory primárne určené k tomuto účelu alebo fotovoltaičné panely, ktoré ohrievajú vodu pomocou elektrickej odporovú špirálu? Odpoveď na túto otázku sa podarilo nájsť výskumom docenta Matušku a doktora Šourka z Univerzitného centra energeticky efektívnych budov. V ňom boli pomocou simulačného softwaru TRNSYS porovnané obe varianty pri rovnakých podmienkach odberu teplej vody a rovnakých klimatických podmienkach [73]. Boli skúmané 3 matematické modely a to:

- fotovoltaičný ohrev bez sledovača maximálneho výkonu
- fotovoltaičný ohrev so sledovačom maximálneho výkonu
- fototermický ohrev [73]

Sledovač - MPPT¹⁰ umožňuje výrobu elektrickej energie udržať na maxime v priebehu premenlivého počasia a týmto udržuje fotovoltaičný panel v prevádzke pri optimálnych hodnotách prúdu a napätia [73].

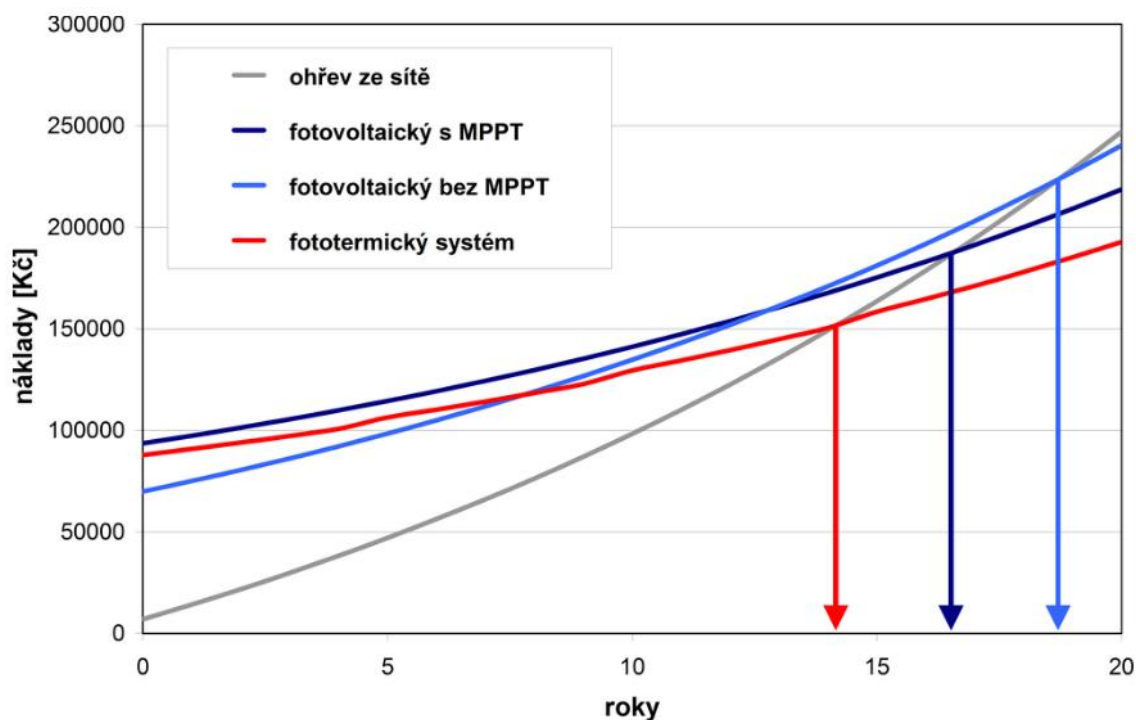
Vo výsledku sa ukázalo, že solárne kolektory produkujú tepelný zisk aj v zime a dokonca vyšší než fotovoltaika (vid'. Obr. 5.7). Z pohľadu ročnej bilancie dodajú dva kolektory s 200 litrovým zásobníkom o 25 % viac energie ako fotovoltaika so sledovačom a viac ako polovicu energie ako fotovoltaika bez sledovača [73].

¹⁰ Z angl. Maximum Power Point Tracker



Obrázok 5.7 Pribeh tepelných ziskov počas roku [73]

Ekonomickým porovnaním jednotlivých technológií sa spočítala návratnosť jednotlivých investícií (vid' Obr. 5.8). Cena a montáž fotovoltických panelov bola stanovená podľa konkrétnych ponúk a to na 90 000 Kč so sledovačom, 65 000 Kč bez sledovača a cena solárnych kolektorov na 85 000 Kč. Z grafu je zrejmé, že najefektívnejším systémom pre ohrev vody sa javia solárne kolektory s dobou návratnosti cca. 14 rokov. [73].



Obrázok 5.8 Návratnosť jednotlivých investícií [73]

Solárne systémy, či už kolektory alebo fotovoltaika, sú zaujímavou investíciou spravidla pre ľudí, ktorí majú hlbšie do vrecka. Je to hlavne z dôvodu pomalej návratnosti investícií. Tento obmedzujúci faktor môže v budúcnosti so zlepšujúcimi sa technológiami, znižujúcou sa cenou solárnych systémov a zvyšujúcou cenou ostatných palív vymiznúť a solárne systémy sa stanú bežnou súčasťou života.

6 Vykurovanie tepelným čerpadlom

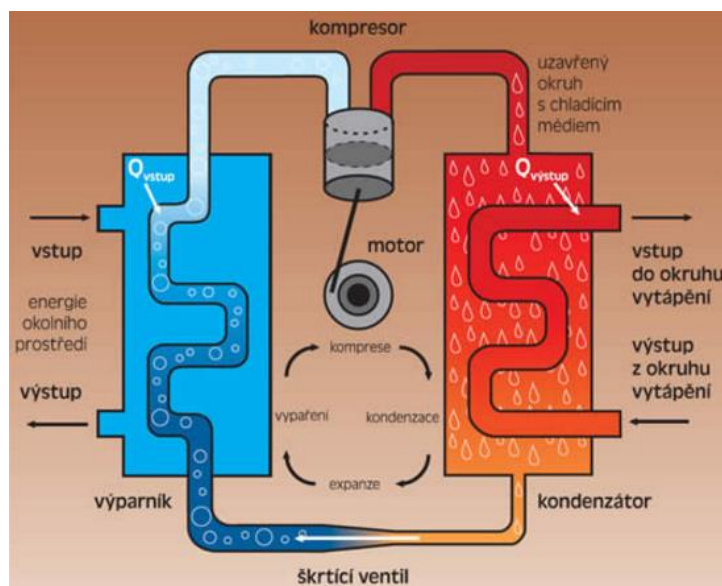
Tepelné čerpadlá sa radia medzi alternatívne zdroje energie, pretože sú schopné odobrať teplo z okolia – voda, vzduch alebo zem, prevádzať ho na vyššiu teplotnú hladinu a využiť ho na vykurovanie a prípravu teplej vody. Na druhej strane, na svoj pohon využívajú elektrickú energiu, ktorá sa vyrába predovšetkým z neobnoviteľných zdrojov energie. V prípade lokálnej výroby elektrickej energie z biomasy alebo fotovoltaiických panelov by sa tepelné čerpadlá radili medzi maximálne ekologické zdroj tepla. Skladajú sa z dvoch častí a to vonkajšia a vnútorná. **Vnútorná časť** je veľmi podobná plynovému kotlu alebo ohrievaču vody a zaisťuje predávanie tepla do vykurovacieho systému. **Vonkajšia časť** zaisťuje odoberanie tepla zo zdroja, veľkosť a tvar závisí na zdroji tepla [74].

6.1 Princíp funkcie a časti tepelného čerpadla

V podstate sa jedná o chladiace zariadenie, ktoré sa na rozdiel od chladničky používa ako zdroj tepla, využívajúc Carnotov obch. Chladnička odoberá teplo z vnútorného prostredia a kondenzátorom ho predáva na druhej strane. Tepelné čerpadlo odoberá teplo zo zeme, vzduchu alebo vody a predáva ho ďalej vykurovacím systémom. Napríklad ochladením pôdy z 10 °C na 5 °C zaisťuje tepelné čerpadlo ohrev vody z 45 °C na 50 °C [74].

Pre fungovanie tepelného čerpadla je treba dodať určité množstvo elektrickej energie na pohon kompresoru. Dá sa povedať, že tretinu svojho výkonu spotrebovávajú vo forme elektrickej energie, zvyšné dve tretiny tvorí teplo z ochladzovanej látky. Tepelné čerpadlo sa skladá zo štyroch základných častí (vid' Obr. 6.1):

- **Výparník** – tu sa teplo odobrané vonkajšiemu prostrediu predáva chladivu pri nízkej teplote, ktoré sa odparuje
- **Kompresor** – odparené chladivo je v kompresore stlačené na vysoký tlak, zvýši sa teplota
- **Kondenzátor** – stlačené chladivo z kompresoru putuje do kondenzátoru, kde pri kondenzácii predáva teplo odobrané vo výparníku
- **Expanzný ventil** – dochádza k zníženiu tlaku chladiva na pôvodnú hodnotu vo výparníku, cyklus sa uzatvára [74]



Obrázok 6.1 Princíp fungovania tepelného čerpadla [75]

Na porovnanie efektivity jednotlivých tepelných čerpadiel slúži tzv. **vykurovací faktor – COP**¹¹. Je to bezrozmerné číslo, ktoré je možné prirovnať k účinnosti pri iných zdrojoch tepla. Udáva pomer získanej tepelnej energie a spotrebovanej elektrickej energie na pohon tepelného čerpadla. Okamžitá hodnota sa pochopiteľne mení podľa prevádzkových podmienok a preto sa v katalógoch používa priemerný vykurovací faktor ktorého hodnota sa pohybuje v rozsahu od 2,5 do 5 [76].

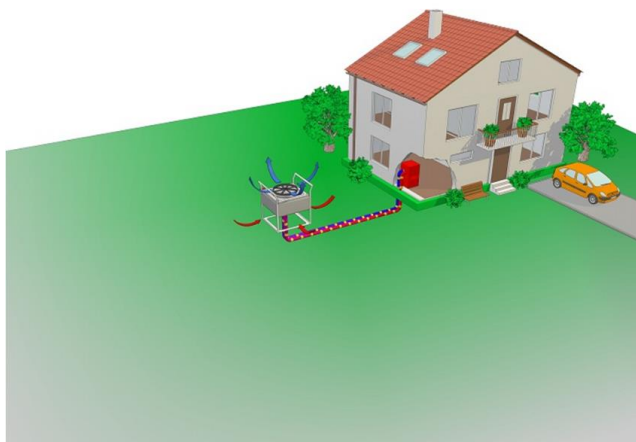
Tepelné čerpadlá sú vhodné na ohrev tzv. nízko-teplotnej sústavy pretože sú schopné ohriať vodu len na 50 – 55 °C. Vhodné je použiť podlahové alebo stenové vykurovanie, kde sa používajú nižšie teploty okolo 35 – 45 °C. Kombinácia tepelného čerpadla s druhým zdrojom, používaným len pri nízkych vonkajších teplotách sa nazýva bivalentné zapojenie. Ako druhý zdroj sa najčastejšie používa elektrokotol alebo plynový kotol. Veľa tepelných čerpadiel má v sebe tepelný zdroj priamo vstavaný [76].

6.2 Typy tepelných čerpadiel

Tepelné čerpadlá sa skrátene nazývajú podľa toho odkiaľ teplo odoberajú a akej látke ho odovzdávajú. Najpoužívanejšie kombinácie sú vzduch/voda, vzduch/vzduch, voda/voda a zem/voda [77].

6.2.1 Tepelné čerpadlo vzduch/voda

Toto tepelné čerpadlo využíva teplo obsiahnuté vo vonkajšom vzduchu a predáva ho vode vo vykurovacom systéme (vid' Obr. 6.2). Môže byť vyrobené v troch odlišných variantách. Prvý spôsob je so samostatnou vonkajšou a vnútornou jednotkou, druhý je kompaktné vonkajšie prevedenie a tretím spôsobom je kompaktné vnútorné prevedenie, kde musí byť k čerpadlu z vonkajšieho priestoru privádzaný vzduch a ochladený vzduch späť odvádzaný. Výhodou tepelných čerpadiel čerpajúce teplo zo vzduchu je všestranná použiteľnosť, inštalácia bez zásahov do okolitého prostredia, nižšie investičné náklady v porovnaní s ostatnými čerpadlami. Nevýhodou je najnižší a najviac premenlivý vykurovací faktor COP súvisiaci s klesajúcou vonkajšou teplotou. S tým súvisí aj vyššia spotreba elektriny než u iných tepelných čerpadiel. Pri nízkych teplotách je potrebný bivalentný zdroj tepla. Môže sa objaviť problém s hlučnosťou systému [77].

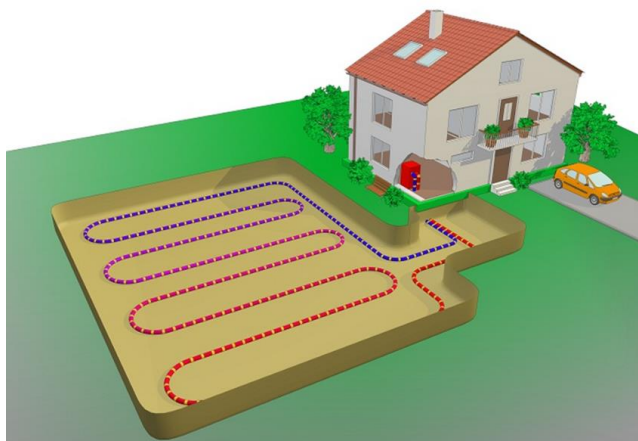


Obrázok 6.2 Tepelné čerpadlo vzduch/voda [78]

¹¹ Z angl. *Coefficient of Performance*

6.2.2 Tepelné čerpadlo zem/voda

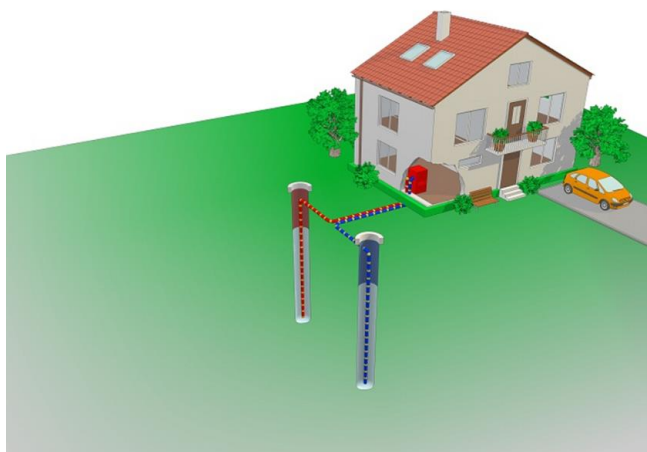
Tepelné čerpadlo zem/voda odoberá teplo z pôdy. Je potrebná určitá plocha napr. na záhrade kde v hĺbke asi 1 m a so šírkou 1 m sú od seba položené zemné kolektory, cez ktoré prúdi nemrznúca kvapalina. Výhodou tohto typu je väčšia stabilita systému s porovnaním vzduch/voda a tým pádom nižšie prevádzkové náklady. Nevýhodou je potreba dostatočne veľkého pozemku na umiestnenie kolektorov, vyššie investičné náklady spojené s výkopovými prácami [77].



Obrázok 6.3 Tepelné čerpadlo zem/voda [78]

6.2.3 Tepelné čerpadlo voda/voda

Tepelné čerpadlo voda/voda využíva teplo zo studničnej vody. Voda je čerpaná zo studne ponorným čerpadlom a vracia sa do vsakovanej studne, ktorú je potreba vyhotoviť v dostatočnej vzdialenosti aby sa ochladená voda nemiešala s vodou so sacej studne. Výhodou je najvyššia hodnota vykurovacieho faktoru spojená s nižšími prevádzkovými nákladmi. Nevýhodou sú vyššie investičné náklady, požiadavka na kvalitu a teplotu vody, údržba filtrov a sacieho čerpadla [77].



Obrázok 6.4 Tepelné čerpadlo voda/voda [78]

6.3 Vykurovanie tepelným čerpadlom z hľadiska používateľa

Hlavným dôvodom prečo dnes ľudia investujú do tepelných čerpadiel sú predovšetkým očakávané tepelné úspory. Okrem úspory nákladov na vykurovanie sa získava výhodná distribučná sadzba elektriny D55d a D56d po dobu 22 hodín, ktorú je možné využiť na pre všetky elektrické spotrebiče. Z hľadiska komfortu sú tepelné čerpadlá veľmi dobrou voľbou. Stačí si nastaviť teplotu a o všetko sa postará plne automatizovaný systém. V neposlednej rade je nezanedbateľná ekologickosť samotného systému, ktorá je zárukou čistého a bezprašného prostredia [79].

V tabuľke 6.1 je modelový prepočet investičných a prevádzkových nákladov pri vykurovaní tepelným čerpadlom vzduch/voda pri cene elektriny 2,608 Kč/kWh. Mesačný paušál 461,71 Kč pre istič 3x25 A. Investičné náklady sú použité z portálu TZB-INFO.CZ a prepočet prevádzkových nákladov je s pomocou online kalkulačky www.mojecerpadlo.com. Dá sa povedať, že v prípade tepelných čerpadiel sú investičné

náklady najväčšie. Vybrané tepelné čerpadlo vzduch/voda je navyše najlacnejšou technologickou variantou. V tomto čase je výhodné využiť kotlíkové dotácie, ktoré ušetria až 80 % investícií. Na druhej strane, prevádzkové náklady pre 4 ľudí a tepelnú stratu objektu 10 kW sú zhruba 30 000 Kč, čo je najmenej zo všetkých doteraz spočítaných typov vykurovania [14, 80].

Tabuľka 6.1 Náklady na energie pri vykurovaní tepelným čerpadlom pre 4 ľudí a s tepelnou stratou objektu 10 kW

Vykurovanie tepelným čerpadlom			
Investičné náklady [Kč]		Prevádzkové náklady [Kč/rok]	
Tepelné čerpadlo TnG-air 10 kW	114 500	Náklady na ÚK (4 950 kWh)	12 910
Kúrenárske práce (materiál, práca)	24 000	Náklady na TUV (1 217 kWh)	3 173
Chladiarenské práce a materiál	7 100	Spotreba el. v domácnosti (2 720 kWh/rok)	7 094
Bojler Logalux S120/2	10 387	Paušál elektrina (3x25A)	4 320
		Ročná revízia čerpadla	2 500
CELKOM s DPH 15%	179 386	CELKOM s DPH	29 997
CELKOM s kotlíkovou dotáciou 80%	35 877		



Veľkou nevýhodou tepelných čerpadiel je ich vysoká cena ktorá odrádza bežných ľudí od kúpy. Návratnosť takejto investície sa môže pohybovať v rádoch desiatich rokov, ak sa uvažuje prechod od zdroja s relatívne nízkymi nákladmi. Napriek tomu sú tepelné čerpadlá určite zaujímavou technológiou, ktorá má potenciál a je pravdepodobné, že sa bude v budúcnosti stále viac a viac rozširovať.

Obrázok 6.5 Tepelné čerpadlo TnG.Air [81]

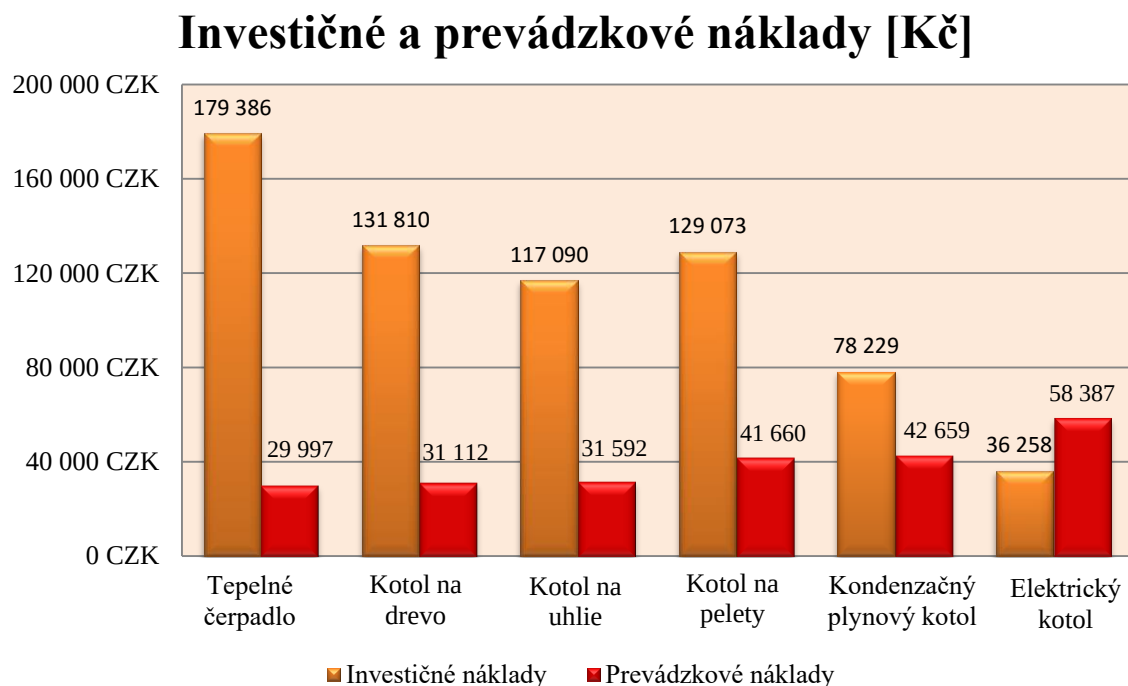
7 Porovnanie jednotlivých typov vykurovania

Pre lepšie porovnanie jednotlivých typov vykurovania podľa výpočtov z predchádzajúcich kapitol bola zastavená Tabuľka 7.1 a Obrázok 7.1. V Tabuľke 7.1 sú jednotlivé typy vykurovania zoradené podľa veľkosti investičných nákladov od najlacnejšieho po najdrahší zdroj.

Tabuľka 7.1 Investičné a prevádzkové náklady zoradené vzostupne podľa veľkosti investičných nákladov

Investičné a prevádzkové náklady		
Typ vykurovania	Investičné náklady N_i [Kč]	Prevádzkové náklady [Kč/rok]
Elektrický kotol	36 258	58 387
Kondenzačný plynový kotol	78 229	42 659
Kotol na uhlie	117 090	31 592
Kotol na pelety	129 073	41 660
Kotol na drevo	131 810	31 112
Tepelné čerpadlo	179 386	29 997

Na Obrázku 7.1 sú zasa jednotlivé typy vykurovania zoradené graficky podľa veľkosti prevádzkových nákladov.



Obrázok 7.1 Investičné a prevádzkové náklady zoradené vzostupne podľa veľkosti prevádzkových nákladov

Z Tabuľky 7.1 a Obrázku 7.1 je zrejmé, že kúpa elektrického kotla je vhodná spravidla do nízkoenergetických domov, kde by sa investičné náklady za drahé tepelné

čerpadlo vracali dlhé roky. Najdrahšou investičnou variantou je tepelné čerpadlo, ktorého technické prevedenie je konkrétne vybrané zo škály lacnejších.

V Tabuľke 7.2 je spracované porovnanie úspory prevádzkových nákladov v Kč/rok pri prechode z elektrického zdroja tepla na iný zdroj. Typy vykurovania sú zoradené vzostupne podľa návratnosti investície.

Tabuľka 7.2 Úspora prevádzkových nákladov a návratnosť investície z prechodu od elektrického zdroja vykurovania

<i>Úspora a návratnosť investícií</i>		
Typ vykurovania	Úspora prevádzkových nákladov $N_{\dot{u}}$ [Kč/rok]	Návratnosť investície D_n [rok]
Kotol na uhlie	26 795	4,4
Kotol na drevo	27 275	4,8
Kondenzačný plynový Kotol	15 728	5,0
Tepelné čerpadlo	28 390	6,3
Kotol na pelety	16 727	7,7

- Úspora prevádzkových nákladov:

$$N_{\dot{u}} = N_e - N_x \text{ [Kč/rok]} \quad (7.1)$$

kde:

$N_{\dot{u}}$ [Kč/rok]	úspora prevádzkových nákladov
N_e [Kč/rok]	výška nákladov za energie pri vykurovaní elektrickým zdrojom, $N_e=58\,387$ Kč/rok
N_x [Kč/rok]	výška nákladov za energie pri vykurovaním iným zdrojom z Tab. 7.1

- Doba návratnosti investície:

$$D_n = \frac{N_i}{N_{\dot{u}}} \text{ [rokov]} \quad (7.2)$$

kde:

D_n [rokov]	doba návratnosti investície
N_i [Kč]	investičné náklady do nového typu vykurovania z Tab. 7.1

Je však nutné poznamenať, že všetky doteraz spočítané výpočty z portálu moje-čerpadlo.com sú iba orientačné a slúžia na prvotný odhad. Každý dom a zákazník je jedinečný a vyžaduje si svoje špecifické potreby. Tak či onak, vykurovanie elektrickou energiou je stále ekonomicky veľmi nevýhodné, preto stojí za zváženie prechod na iný typ vykurovania.

8 Návrh energeticky efektívneho zdroja tepla pre modelový dom

Táto kapitola sa zaoberá návrhom energeticky efektívneho zdroja vykurovania a prípravu teplej vody pre jestvujúci rodinný dom. Pri tomto návrhu sa vychádzalo zo skutočných stavebných parametrov tohto objektu a jeho technických zariadení budov a porovnaním tohto stavu s novým stavom, ktorý pozostával zo zateplenia rodinného domu a výmeny zdroja tepla na vykurovanie a zariadenia na prípravu teplej vody. V tejto poslednej časti bakalárskej práce je spočítaná tepelná strata a následne ročná spotreba energie reálneho domu. Je nutné poznať koľko ľudí obýva daný objekt a či sa jedná o rodinný dom alebo rekreačný objekt. Na základe týchto všetkých poznatkov je navrhnutý nový vhodný systém vykurovania. Rozhodujúcim faktorom sú prevádzkové náklady a požiadavky používateľa.



Obrázok 8.1 Modelový dom

8.1 Popis modelového domu

Jedná sa o rodinný dom obývaný 4 osobami v meste Sereď v okrese Galanta v Trnavskom kraji¹². Nachádza sa v nadmorskej výške 129 metrov n. m. v treťom tepelnom pásme s vonkajšou výpočtovou teplotou $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$, postavený v roku 1979. Rodinný dom je prízemný s celkovým podpivničením. Obytnú časť domu tvorí iba prízemie, ktoré je celé vykurované. Suterén je nevykurovaný, nachádzajú sa tu technické priestory, ktoré sú taktiež nevykurované – vrátane kotolne. Steny sú postavené z pórobetónových tvárnic hrúbky 300 mm a miestami 400 mm. Strecha je postavená zo sklenej plsti obklopená drevom. Podlaha na prízemí je zložená zo železobetónovej stropnej dosky. V roku 2009 bol celý objekt zateplený minerálnou vlnou Nobasil hrúbky 100 mm. Súčasne prebehla výmena okien na celom dome na nové drevené dvojsklá. Na vykurovanie a ohrev teplej vody sa používa kotol Viesmann Vitodens 333 (viď Obr. 8.2) s regulovateľným výkonom 1,9 až 26 kW a so vstavaným nerezovým zásobníkom 100 l na ohrev teplej úžitkovej vody.

¹² Slovenská republika



Obrázok 8.2 Aktuálny kondenzačný plynový kotol Viesman Vitodens 333

8.2 Výpočet tepelných strát objektu, potreba tepla na vykurovanie a ohrev TUV a ekonomické zhodnotenie

Výpočet tepelných strát a potreby tepla na vykurovanie bol spočítaný pomocou normy STN 73 0540 a je obsiahnutý v prílohe A a B. Výpočet potreby tepla na ohrev TUV je spočítaný pomocou normy STN 06 0320 a je obsiahnutý v prílohe C. Hodnoty tepelných strát, potreby tepla na vykurovanie a ohrev TUV pre dom pred a po zateplení sú znázornené v tabuľke 8.1 [82, 83].

Tabuľka 8.1 Odhad ročných spotrieb energie pred a po zateplení

Odhad ročných spotrieb energie na vykurovanie a TUV		
Spotreba	Pred zateplením	Po zateplení
<i>Tepelná strata objektu</i>	13, 7 kW	6,5 kW
<i>Vykurovanie</i>	32,3 GWh/rok	13,2 GWh/rok
<i>Teplá voda</i>	2 156 kWh/rok	2 156 kWh/rok
CELKOVO $Q_{\max}$ vykurovanie + teplá voda	34,5 GWh/rok	15,4 GWh/rok

Z tabuľky 8.1 je vidieť, že zateplenie domu a výmena okien mala obrovský vplyv na energetickú spotrebu. Po zateplení sa tepelná strata zmenšila na menej ako polovicu a potreba tepla na vykurovanie klesla vyše 2,4 krát násobne. Potreba tepla na TUV sa pochopiteľne nezmenila. Nasleduje prepočet, ktorý ukáže spotrebu zemného plynu a ročné náklady na prevádzku kotla pred a po zateplení.

- Ročná spotreba zemného plynu:

$$V_{plyn} = \frac{Q_{max}}{\eta_{kotel} * H_{plyn}} [m^3/rok] \quad (8.1)$$

Bez zateplenia	So zateplením
$V_{plyn} = \frac{34,5 * 10^3}{1,05 * 9,59} = 3\,426,2 \, m^3$	$V_{plyn} = \frac{15,4 * 10^3}{1,05 * 9,59} = 1\,529,4 \, m^3$

kde:

$V_{plyn} [m^3/rok]$	ročná spotreba zemného plynu
$Q_{max} [kWh/rok]$	ročná spotreba energie na vykurovanie a TUV
$\eta_{kotel} [-]$	účinnosť plynového kotla
$H_{plyn} [kWh/m^3]$	výhrevnosť zemného plynu, $H_{plyn}^{13} = 9,59 \, kWh/m^3$

- Náklady na vykurovanie a ohrevu TUV zemným plynom:

$$N_{plyn} = V_{plyn} * C_{plyn} [Kč/rok] \quad (8.2)$$

Bez zateplenia	So zateplením
$N_{plyn} = 3\,426,2 * 12 = 41\,114 Kč/rok$	$N_{plyn} = 1\,529,4 * 12 = 18\,353 Kč/rok$

kde:

$N_{plyn} [Kč/rok]$	ročné náklady na vykurovanie a TUV pomocou zemného plynu
$C_{plyn} [Kč/m^3]$	cena zemného plynu ¹⁴ , $C_{plyn} = 12 \, Kč/m^3 = 1,13 \, Kč/kWh$

Náklady na ÚK a TUV ako aj celková ročná spotreba energie je prehľadne spracovaná v tabuľke 8.2 pri porovnaní stavu nezatepleného s aktuálnym zatepleným. Náklady na revíziu kotla a komína sú prevzaté z tabuľky 3.1. Všetky ceny palív sú prepočítané na České koruny.

¹³ Viď 3.1.1 Princíp ohrevu kondenzačným plynovým kotlom

¹⁴ Cena 1 m³ zemného plynu na Slovensku spoločnosti SPP v tarife D3

Tabuľka 8.2 Náklady ročných spotrieb energie pri vykurovaní kondenzačným plynovým kotlom pred a po zateplení

Vykurovanie kondenzačným plynovým kotlom			
Prevádzkové náklady pred zateplením [Kč/rok]		Prevádzkové náklady po zateplení [Kč/rok]	
Náklady na ÚK a TUV(34,5 GWh/rok)	41 114	Náklady na ÚK a TUV(34,5 GWh/rok)	18 353
Spotreba elektriny v domácnosti (2 100kWh/rok) ¹⁵	6 812	Spotreba elektriny v domácnosti (2 100kWh/rok)	6 812
Varenie plynom (900 kWh/rok)	1 017	Varenie plynom (900 kWh/rok)	1 017
Paušál elektrina (3x25A), plyn ¹⁶	4 422	Paušál elektrina (3x25A), plyn	4 422
Ročná revízia kotla	2 500	Ročná revízia kotla	2 500
Ročná revízia komína	1 000	Ročná revízia komína	1 000
CELKOM N_{Σp}	56 865	CELKOM N_{Σp}	34 104

Z Tabuľky 8.2 je dobre vidieť, aký veľký vplyv má zateplenie na náklady ÚK a TUV. Zaizolovaním steny a výmenou okien sa dosiahla úspora vyše 22 700 Kč ročne, čo je až 40 %. V nasledujúcej podkapitole budú priblížené alternatívne zdroje vykurovania, ktoré by mali byť schopné ekonomicky konkurovať aktuálnemu zdroju.

8.3 Alternatívne zdroje vykurovania

Pri návrhu nového zdroja vykurovania sa vychádzalo predovšetkým z rešeršnej časti kapitol 1 až 7. Cieľom je nahradenie aktuálneho zdroja ekonomickejšou variantou. Na Obrázku 7.1 sú zdroje zoradené vzostupne podľa veľkosti prevádzkových nákladov. Pri návrhu alternatívneho zdroja boli vybraté 3 varianty a to: kotol na drevo, kotol na pelety a tepelné čerpadlo vzduch/voda. Pre každý typ vykurovania bola spočítaná varianta so zateplením a bez zateplenia. Je nutné podotknúť, že vybrané kotle boli vybrané pre nezateplenú variantu domu. Pre zateplený dom by sa volil kotol s nižším výkonom a tým pádom aj nižšou cenou. Vo výsledku sa však investičné náklady líšiť veľmi nebudú, pretože cenové rozdiely kotlov s výkonom 6 kW a 15 kW nie spravidla väčšie ako 10 000 Kč.

8.3.1 Splyňovací kotol na drevo

Prvým vybraným zdrojom je splyňovací kotol na drevo ATTACK 15 DPX LAMBDA s rozsahom výkonu 6 – 14,9 kW a účinnosťou až 90 %. Jedná sa o kotol s ručným prikladaním spĺňajúci kritériá najvyššej triedy podľa európskej normy EN 303-5. Cena kotla je 53 119 Kč bez DPH, celková cena vrátane akumuláčnej nádrže, bojleru a montáže je 117 306 Kč s DPH¹⁷ [61].

¹⁵ Cena 1 kWh elektrickej energie od spoločnosti ZSE v tarife DD2, 0,12 eur/kWh

¹⁶ Cena paušálov za elektrinu od spoločnosti ZSE v tarife DD2 7,75 eur/mesiac a plynu od spoločnosti SPP v tarife D3 5,88 eur/mesiac

¹⁷ Vid' Tabuľka 2.2 Investičné náklady

- Ročná spotreba dreva:

$$M_{drevo} = \frac{Q_{max}}{\eta_{kotel} * H_{drevo}} [kg/rok] \quad (8.3)$$

Bez zateplenia

$$M_{drevo} = \frac{34,5 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 4,03} = 9\,512 \text{ kg/rok}$$

So zateplením

$$M_{drevo} = \frac{15,4 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 4,03} = 4\,245,9 \text{ kg/rok}$$

kde: M_{drevo} [kg/rok] ročná spotreba dreva
 Q_{max} [kWh/rok] ročná spotreba energie na vykurovanie a TUV
 η_{kotel} [-] účinnosť splyňovacieho kotla
 H_{drevo} [kWh/kg] výhrevnosť dreva, $H_{drevo} = 14,5 \text{ MJ/kg} = 4,03 \text{ kWh/kg}$ ¹⁸

- Náklady na vykurovanie drevom:

$$N_{drevo} = M_{drevo} * C_{drevo} [Kč/rok] \quad (8.4)$$

Bez zateplenia

$$N_{drevo} = 9\,512 * 3 = 28\,536 \text{ Kč/rok}$$

So zateplením

$$N_{drevo} = 4\,245,9 * 3 = 12\,738 \text{ Kč/rok}$$

kde: N_{drevo} [Kč/rok] ročné náklady na vykurovanie pomocou dreva
 C_{drevo} [Kč/kg] cena kusového dreva¹⁹, $C_{drevo} = 3 \text{ Kč/kg}$

- Úspora prevádzkových nákladov pri vykurovaní drevom:

$$N_{\dot{u}} = N_{plynu} - N_{dreva} [Kč/rok] \quad (8.5)$$

$$N_{\dot{u}\%} = \frac{N_{\dot{u}}}{N_{plynu}} * 100 [\%] \quad (8.6)$$

Bez zateplenia

$$N_{\dot{u}} = 41\,114 - 28\,536 = 12\,578 \text{ Kč/rok}$$

So zateplením

$$N_{\dot{u}} = 18\,353 - 12\,738 = 5\,615 \text{ Kč/rok}$$

$$N_{\dot{u}\%} = \frac{12\,578}{41\,114} * 100 = 30,6 \%$$

$$N_{\dot{u}\%} = \frac{5\,615}{18\,353} * 100 = 30,6 \%$$

kde: $N_{\dot{u}}$ [Kč/rok] úspora prevádzkových nákladov
 N_{plynu} [Kč/rok] výška nákladov ÚK a TUV pri vykurovaní kondenzačným plynovým kotlom
 $N_{\dot{u}\%}$ [%] úspora prevádzkových nákladov v %

- Doba návratnosti investície:

$$D_n = \frac{N_i}{N_{\dot{u}}} [rok] \quad (8.7)$$

¹⁸ Vid' 2.1.1 Kusové drevo

¹⁹ Priemerná cena kusového dreva na Slovensku

Bez zateplenia

$$D_n = \frac{117\,306}{12\,578} = 9,3 \text{ rokov}$$

So zateplením

$$D_n = \frac{117\,306}{5\,615} = 20,9 \text{ rokov}$$

kde: D_n [rokov]

doba návratnosti investície

 N_i [Kč]

investičné náklady do nového typu vykurovania

Úspora ročných prevádzkových nákladov by vo variante bez zateplenia bola značná a doba návratnosti 9,3 rokov by stála za uváženie na zmenu kotla. Avšak súčasný stav zatepleného domu nevyžaduje takú veľkú spotrebu energie. Doba návratnosti 20,9 roka je príliš dlhá a pre používateľa nezaujímavá, nehovoriac o nutnosti neustáleho prikladania a skladovania dreva.



Obrázok 8.3 Splyňovací kotol na drevo ATTACK 15 DPX LAMBDA [84]

8.3.2 Automatický kotol na pelety

Vybraný automatický kotol na pelety OPOP Biopel Line 15 s výkonom od 3,7 do 14,5 kW a účinnosťou až 91 % sa vyznačuje nízkou spotrebou elektrickej energie a komfortnou obsluhou. Súčasťou je externá násypka na 220 kg peliet. Jedná sa o kotol 5. emisnej triedy. Cena kotla je 50 928 Kč bez DPH, celková cena vrátane bojleru a montáže je 100 987 Kč s DPH²⁰.



Obrázok 8.4 Automatický kotol na pelety OPOP Biopel Line 15 s externou násypkou [85]

- Ročná spotreba peliet:

$$M_{pelety} = \frac{Q_{max}}{\eta_{kotel} * H_{pelety}} \text{ [kg/rok]} \quad (8.8)$$

Bez zateplenia

$$M_{pelety} = \frac{34,5 * 10^3}{0,91 * 4,72} = 8\,032,2 \text{ kg/rok}$$

So zateplením

$$M_{pelety} = \frac{15,4 * 10^3}{0,91 * 4,72} = 3\,585,4 \text{ kg/rok}$$

kde: M_{pelety} [kg/rok]

ročná spotreba peliet

 Q_{max} [kWh/rok]

ročná spotreba energie na vykurovanie a TUV

 η_{kotel} [-]

účinnosť automatického kotla na pelety

²⁰ Vid' Tabuľka 2.1 Investičné náklady

$$H_{\text{pelety}} [\text{kWh/kg}] \quad \text{výhrevnosť peliet, } H_{\text{pelety}} = 17 \text{ MJ/kg} = 4,72 \text{ kWh/kg}^{21}$$

- Náklady na vykurovanie peletami:

$$N_{\text{pelety}} = M_{\text{pelety}} * C_{\text{pelety}} [\text{Kč/rok}] \quad (8.9)$$

Bez zateplenia

So zateplením

$$N_{\text{pelety}} = 8\,032,2 * 5,4 = 43\,374 \text{ Kč/rok}$$

$$N_{\text{pelety}} = 3\,585,4 * 5,4 = 19\,361 \text{ Kč/rok}$$

kde: $N_{\text{pelety}} [\text{Kč/rok}]$
 $C_{\text{pelety}} [\text{Kč/kg}]$

ročné náklady na vykurovanie pomocou peliet
 cena peliet²², $C_{\text{pelety}} = 5,4 \text{ Kč/kg}$

- Úspora prevádzkových nákladov pri vykurovaní peletami:

$$N_{\dot{u}} = N_{\text{plynu}} - N_{\text{pelety}} [\text{Kč/rok}] \quad (8.10)$$

$$N_{\dot{u}\%} = \frac{N_{\dot{u}}}{N_{\text{plynu}}} * 100 [\%] \quad (8.11)$$

Bez zateplenia

So zateplením

$$N_{\dot{u}} = 41\,114 - 43\,374 = -2\,260 \text{ Kč/rok}$$

$$N_{\dot{u}} = 18\,353 - 19\,361 = -1\,008 \text{ Kč/rok}$$

$$N_{\dot{u}\%} = \frac{-2\,260}{41\,114} * 100 = -5,5 \%$$

$$N_{\dot{u}\%} = \frac{-1\,008}{18\,353} * 100 = -5,5 \%$$

kde: $N_{\dot{u}} [\text{Kč/rok}]$

úspora prevádzkových nákladov

$N_{\text{plynu}} [\text{Kč/rok}]$

výška nákladov ÚK a TUV pri vykurovaní
 kondenzačným plynovým kotlom

$N_{\dot{u}\%} [\%]$

úspora prevádzkových nákladov v %

V tomto prípade by bol prechod na vykurovanie automatickým kotlom na peletami stratou. Úspora ročných prevádzkových nákladov je v oboch prípadoch záporná a nutnosť skladovania a manipulácia s peletami taktiež nepridá na komforte. V budúcnosti by sa však so zvyšujúcou cenou fosílnych palív mohlo prevádzkovanie kotla na pelety vyplatiť. Zatiaľ však v tomto prípade zostáva neefektívnou variantou.

8.3.3 Tepelné čerpadlo vzduch/voda

Poslednou vybranou variantou je tepelné čerpadlo NeoRé 11 MINI, vyznačujúce sa vykurovacím faktorom $\epsilon_t = 4,2$ a výkonom až 14 kW. Tepelné čerpadlo je diaľkovo ovládateľné pomocou internetu a ďalšou prednosťou je možnosť chladenia v letných mesiacoch. Cena samotného čerpadla je 126 550 Kč bez DPH, so započítaním



Obrázok 8.5 Tepelné čerpadlo NeoRé 11 MINI [86]

²¹ Vid' 2.1.2 Pelety

²² Priemerná cena 1 kg peliet na Slovensku

montáže, chladiarenských prác a bojleru sa cena vyšplhá až na 193 243 Kč s DPH²³ [63].

- Ročná spotreba elektrickej energie:

$$P_{\text{čerpadlo}} = \frac{Q_{\text{max}}}{\varepsilon_t} [\text{kg/rok}] \quad (8.12)$$

$$P_{\text{čerpadlo}} = \frac{\text{Bez zateplenia}}{4,2} = \frac{34,5 \cdot 10^3}{4,2} = 8\,214,3 \text{ kWh/rok} \quad P_{\text{čerpadlo}} = \frac{\text{So zateplením}}{4,2} = \frac{15,4 \cdot 10^3}{4,2} = 3\,666,7 \text{ kWh/rok}$$

kde: $P_{\text{čerpadlo}}$ [kWh/rok] ročná spotreba elektrickej energie
 Q_{max} [kWh/rok] ročná spotreba energie na vykurovanie a TUV
 ε_t [-] vykurovací faktor čerpadla

- Náklady na vykurovanie tepelným čerpadlom:

$$N_{\text{čerpadlo}} = P_{\text{čerpadlo}} * C_{\text{nízky tarif}} * \frac{22}{24} + P_{\text{čerpadlo}} * C_{\text{vysoký tarif}} * \frac{2}{24} [\text{Kč/rok}]^{24} \quad (8.13)$$

Bez zateplenia

$$N_{\text{čerpadlo}} = 8\,214,3 * 2,88 * \frac{22}{24} + 8\,214,3 * 3,86 * \frac{2}{24} = 24\,328 \text{ Kč/rok}$$

So zateplením

$$N_{\text{čerpadlo}} = 3\,666,7 * 2,88 * \frac{22}{24} + 3\,666,7 * 3,86 * \frac{2}{24} = 10\,859 \text{ Kč/rok}$$

kde: $N_{\text{čerpadlo}}$ [Kč/rok] ročné náklady na vykurovanie pomocou dreva
 $C_{\text{nízky tarif}}$ [Kč/kWh] cena elektriny v nízkotarifnom odbere
 $C_{\text{vysoký tarif}}$ [Kč/kWh] cena elektriny vo vysokotarifnom odbere
 $C_{\text{istič}}$ [Kč] cena mesačného poplatku za istič²⁵

Pri porovnávaní prevádzkových nákladov medzi kondenzačným plynovým kotlom a tepelným čerpadlom je nutné zohľadniť celkové náklady na energiu, pretože majiteľ tepelného čerpadla využíva výhody nízkeho tarifu pri všetkých spotrebičoch. Celkové náklady ročným spotrieb energie sú spracované v tabuľke 8.3.

²³ Vid' Tabuľka 6.1 Investičné náklady

²⁴ V prípade tepelného čerpadla je možné odoberať elektrickú energiu 22 hodín denne v nízkom tarife, $C_{\text{nízky tarif}} = 0,1064 \text{ eur/kWh}$; $C_{\text{vysoký tarif}} = 0,1429 \text{ eur/kWh}$, ceny sú stanovené spoločnosťou ZSE v tarife DD5

²⁵ V tarife DD5 je nutný špeciálny istič, $C_{\text{istič}} = 14,28 \text{ eur/mesiac}$

Tabuľka 8.3 Náklady ročných spotrieb energie pri vykurovaní tepelným čerpadlom pred a po zateplení

Vykurovanie tepelným čerpadlom			
Prevádzkové náklady pred zateplením [Kč/rok]		Prevádzkové náklady po zateplení [Kč/rok]	
Náklady na ÚK a TUV(34,5 GWh/rok)	24 328	Náklady na ÚK a TUV(34,5 GWh/rok)	10 859
Spotreba el. v domácnosti (2 100kWh/rok)	6 220	Spotreba el. v domácnosti (2 100kWh/rok)	6 220
Varenie plynom (700 kWh)	1 017	Varenie plynom (700 kWh)	1 017
Paušál elektrina (3x25A), plyn	7 138	Paušál elektrina (3x25A), plyn	7 138
Ročná revízia kotla	2 500	Ročná revízia kotla	2 500
CELKOM $N_{\Sigma\check{c}}$	41 203	CELKOM $N_{\Sigma\check{c}}$	27 734

- Úspora prevádzkových nákladov pri vykurovaní tepelným čerpadlom:

$$N_{\dot{u}} = N_{\Sigma p} - N_{\Sigma \check{c}} \text{ [Kč/rok]} \quad (8.14)$$

$$N_{\dot{u}\%} = \frac{N_{\dot{u}}}{N_{\Sigma p}} * 100 \text{ [%]} \quad (8.15)$$

Bez zateplenía

$$N_{\dot{u}} = 56\,865 - 41\,203 = 15\,662 \text{ Kč/rok}$$

$$N_{\dot{u}\%} = \frac{15\,662}{56\,865} * 100 = 27,5 \%$$

So zateplením

$$N_{\dot{u}} = 34\,104 - 27\,734 = 6\,370 \text{ Kč/rok}$$

$$N_{\dot{u}\%} = \frac{6\,370}{34\,104} * 100 = 18,7 \%$$

kde:	$N_{\dot{u}}$ [Kč/rok]	úspora prevádzkových nákladov
	$N_{\Sigma p}$ [Kč/rok]	výška nákladov ročných potrieb energie pri vykurovaní kondenzačným plynovým kotlom, prevzaté z Tab. 9.2
	$N_{\Sigma \check{c}}$ [Kč/rok]	výška nákladov ročných potrieb energie pri vykurovaní tepelným čerpadlom
	$N_{\dot{u}\%}$ [%]	úspora prevádzkových nákladov v %

- Doba návratnosti investície:

$$D_n = \frac{N_i}{N_{\dot{u}}} \text{ [rok]} \quad (8.16)$$

Bez zateplenía

$$D_n = \frac{193\,243}{15\,662} = 12,3 \text{ rokov}$$

So zateplením

$$D_n = \frac{193\,243}{6\,370} = 30,3 \text{ rokov}$$

kde:	D_n [rokov]	doba návratnosti investície
	N_i [Kč]	investičné náklady do nového typu vykurovania

Úspora ročných prevádzkových nákladov by vo variante bez zateplenia bola značná a doba návratnosti 12,3 rokov je primeraná. Avšak súčasný stav zatepleného domu nevyžaduje takú veľkú spotrebu energie. Doba návratnosti 30,3 rokov je príliš dlhá a vo výsledku môže prekročiť životnosť tepelného čerpadla.

8.4 Zhodnotenie

Tak ako v kapitole 7, tak aj na záver tejto kapitoly je pre lepší prehľad spracované zhrnutie doterajších výpočtov. V tabuľke 8.4 je porovnanie investičných a prevádzkových nákladov bez zateplenia a so zateplením.

Tabuľka 8.4 Investičné a prevádzkové náklady jednotlivých typov vykurovania pred a po zateplení.

Investičné a prevádzkové náklady			
Typ vykurovania	Investičné náklady [Kč]	Prevádzkové náklady [Kč/rok]	
		<i>Nezateplený stav</i>	<i>Zateplený stav</i>
Kondenzačný plynový kotol	–	41 114 (56 865) ²⁶	18 353 (34 140)
Splyňovací kotol na drevo	117 306	28 536	12 738
Kotol na pelety	100 987	43 374	19 361
Tepelné čerpadlo vzduch/voda	193 243	41 203	27 734

V prípade kotlu na drevo sa prevádzkové náklady rapídne zníži pri stave nezateplenom. Po zateplení už nedochádza k takému veľkému poklesu nákladov, ale stále je úspora nákladov vyše 30 %. Kotol na pelety sa spočiatku javila ako za novodobá a zaujímavá investícia, avšak po výpočtoch sa ukázalo, že táto investícia by bola stratová. So vzrastajúcimi cenami nerastných surovín by sa táto technológia mohla v budúcnosti vyplatiť. V prípade tepelného čerpadla vzduch/voda sa spočiatku jedná o veľkú investíciu, ale s vidinou veľkých úspor. Po výpočtoch sa ukázalo, že sa nedosiahnu až tak veľké zisky ako garantujú niektorí výrobcovia čerpadiel. V prípade zatepleného stavu je návratnosť investície vyše 30 rokov, čo prevyšuje jeho životnosť. Všetky úspory a návratnosti investícií sú prehľadne spracované v tabuľke 8.5.

²⁶ Údaj v zátvorke je pre porovnanie prevádzkových nákladov v prípade tepelného čerpadla, keďže sa tu zohľadňuje aj iná spotreba elektrickej energie

Tabuľka 8.5 Úspora a návratnosť investícií jednotlivých typov vykurovania pred a po zateplení v porovnaní so aktuálnym plynovým kondenzačným kotlom

<i>Úspora a návratnosť investícií</i>				
Typ vykurovania	Úspora prevádzkových nákladov $N_{\dot{u}}$ [Kč/rok] a $N_{\dot{u}}\%$ [%]		Návratnosť investície D_n [rok]	
	Nezateplený stav	Zateplený stav	Nezateplený stav	Zateplený stav
Splynovací kotol na drevo	12 578 (30,6 %)	5 615 (30,6 %)	9,3	20,9
Kotol na pelety	– 2 260 (– 5,5 %)	– 1 008 (– 5,5 %)	–	–
Tepelné čerpadlo vzduch/voda	15 662 (27 %)	6 370 (18,7 %)	12,3	30,3

V tejto poslednej kapitole je krásne vidieť, ako zateplenie a celková výmena okien objektu pomáha znížiť tepelnú stratu. Pomáha ju znížiť až tak výrazne, že sa zámena kotla za iný z hľadiska návratnosti nevyplatí. Preto je často dôležitejšie snažiť sa znížiť náklady na vykurovanie a ÚK nie zmenou kotla, ale práve znížením tepelných strát. Samozrejme, všetko záleží na danom objekte a majiteľovi, ale v budúcnosti sa dá očakávať cesta nízkoenergetických domov pre ktoré bude elektrické vykurovanie bežnou súčasťou.

Záver

Cieľom tejto bakalárskej práce bolo zoznámenie sa s problematikou vykurovania rodinných domov. So stále zvyšujúcou sa cenou nerastných surovín ľudia hľadajú rôzne zdroje tepla. Skloňuje sa hlavne používanie obnoviteľných zdrojov energie, ktorými sú biopalivá a fotovoltaika. Oproti nespornej výhode obnoviteľnosti stojí ich slabý a často nestabilný výkon. Energetické potreby ľudstva niekoľkonásobne prevyšujú ich produkciu a preto je spoločnosť nútená využívať hlavne neobnoviteľné zdroje.

V prvej časti – teda prvých sedem kapitol – slúžilo ako rešeršná štúdia aktuálnych spôsobov vykurovania. Vykurovanie tuhými fosílnymi palivami sa ukázal ako tradičný, lacný spôsob vykurovania, avšak z hľadiska komfortu patril k najhorším. Biomasa v druhej kapitole ukázala spôsob, akým by sa ľudstvo mohlo uberať v budúcnosti. Ak sa však cena neobnoviteľných zdrojov nebude znižovať, ťažko možno čakať rozšírenie tohto zdroja tepla. Jedným z najpohodlnejších spôsobov vykurovania je vykurovanie zemným plynom. Nie je síce najlacnejší, cena prevádzkových nákladov spomedzi všetkých druhov vykurovania je v strednej cenovej kategórii, ale svojou nenáročnosťou na obsluhu prevyšuje skoro všetky ostatné. Elektrické vykurovanie sa počiatku javí ako dobrá kúpa – veď priamovykurovacie zdroje sú jedny z najlacnejších vôbec. Problém je však vo vysokej cene elektrickej energie, ktorá túto vykurovaciu metódu značne predražuje. Elektrické vykurovanie sa hodí spravidla do nízkoenergetických domov a bytov, pretože z hľadiska návratnosti by sa nevyplatilo inštalovať iný zdroj vykurovania. Využitie slnečnej energie v podobe fototermiky a fotovoltaiky sa používa len ako predohrev alebo ohrev vody. Pokiaľ by sa dokázal rapídne zvýšiť príjem vyprodukovanej energie, je veľmi pravdepodobné, že by vytlačil ostatné zdroje vykurovania. Zatiaľ však ostáva na vedľajšej koľaji popri ostatných zdrojoch tepla. Tepelné čerpadlá predstavujú v dnešnej dobe zaujímavú technológiu, ktorá by sa mohla v budúcnosti stať samozrejmosťou pre každú domácnosť. Výhodou sú najnižšie prevádzkové náklady a pohodlná obsluha. Veľkou prekážkou je pre obyčajných ľudí vysoká cena a teda aj doba návratnosti.

Druhá časť bakalárskej práce bola zameraná na návrh energeticky efektívneho zdroja pre modelový dom. Z hľadiska návratnosti najlepšie obstál splyňovací kotol na drevo, z hľadiska ročnej úspory tepelné čerpadlo. Tretí navrhovaný zdroj – kotol na pelety – mal náklady na vykurovanie a TUV dokonca vyššie ako aktuálny kondenzačný plynový kotol, nehovoriac o nevýhode z hľadiska komfortu. Modelový prepočet navyše ukázal, aká dôležitá je dobrá tepelná izolácia objektu. Aktuálne sa ročne takto ušetrí vyše 22 700 Kč a v prípade zmeny kotla sa výrazne predĺži doba návratnosti.

Už dnes je možné vidieť snahu stavať o čo najmenej energeticky náročné domy. V budúcnosti sa dá očakávať zvýšená miera používania zdrojov na biomasu a obnoviteľné zdroje energie. Tie neobnoviteľné sa raz pominú, a až to nastane, ľudstvo musí byť pripravené kráčať po novej ceste.

Zoznam použitých zdrojov

- [1] Tuhá fosilní paliva. *Vytápění rodinných domů* [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://www.vytapeni-rodinnych-domu.cz/tuha-fosilni-paliva>
- [2] Uhlie (prehľad). *Energia Denník N* [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://energia.dennikn.sk/dolezite/efektivnost/uhlie/0512/>
- [3] Teplárenství České republiky v tabulkách a grafech. *Naseteplo* [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://www.naseteplo.cz/?id=2010>
- [4] Fosilní paliva: Výhody a nevýhody. *Ekolid* [online]. 2013 [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://www.ekolid.cz/fosilni-paliva-vyhody-a-nevyhody/>
- [5] SLOVENSKÁ REPUBLIKA. VYHLÁŠKA: *Vyhláška Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky, ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov*. In: . Bratislava, 2012, ročník 2012, číslo 364.
- [6] Fosilní paliva: Výhody a nevýhody. *Ekolid* [online]. 2013 [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://www.ekolid.cz/fosilni-paliva-vyhody-a-nevyhody/>
- [7] Úvodem o koksu. *Koksovny* [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://www.koksovny.cz/cz/uvodem-o-koksu>
- [8] BUFKA, Aleš. Malá spalovací zařízení na pevná paliva pro domácnosti – 1. část. In: *TZB-info* [online]. 2013 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9924-mala-spalovaci-zarizeni-na-pevna-paliva-pro-domacnosti-1-cast>
- [9] Vytápíme tuhými palivy. *TZB-info* [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-tuhymi-palivy>
- [10] LYČKA, Zdeněk. Jak vybírat nový kotel na pevná paliva (1). In: *TZB-info* [online]. 2013 [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9798-jak-vybirat-novy-kotel-na-pevna-paliva-1>
- [11] ZILVAR, Jiří a Vladimír STUPAVSKÝ. Kotlíkové dotace: Kotlíková dotace 2015-2020: podmínky a podrobnosti. In: *TZB-info* [online]. 2015 [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/kotlikove-dotace/12985-kotlikova-dotace-2015-2020-podminky-a-podrobnosti>
- [12] Vše o vytápění 6.: Kotle na tuhá paliva. *Bydlení pro každého* [online]. 2015 [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://vytapeni-klimatizace.bydleniprokazdeho.cz/kotle-a-ohrivace/vse-o-vytapeni-6.-kotle-na-tuha-paliva.php>
- [13] Topení pohledem ekonoma – topíme uhlím (I. díl). *TZB-info* [online]. 2013 [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energie/9700-topeni-pohledem-ekonoma-topime-uhlim-i-dil>
- [14] *Mojecerpadlo - kalkulator* [online]. 2012 [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://www.mojecerpadlo.cz/kalkulator.asp>

- [15] Kotle s automatickým podáváním: Kotle EKO PERFEKT. *Můj kotel* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.mujkotel.cz/eko-perfekt/kotle-eko-perfekt>
- [16] STUPAVSKÝ, Vladimír. O vytápění biomasou od A až do Z. In: *TZB-info* [online]. 2012 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/peletky/8814-o-vytapeni-biomasou-od-a-az-do-z>
- [17] PETŘÍKOVÁ, Vlasta: Biomasa pro vytápění budov. *Biom.cz* [online]. 2008-12-17 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-pro-vytapeni-budov>>. ISSN: 1801-2655.
- [18] JANÍČEK, František: Biomasa ako palivo. *Biom.cz* [online]. 2009-01-30 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-ako-palivo>>. ISSN: 1801-2655.
- [19] SKOPKOVÁ, Hana. Obnovitelné zdroje energie v českých domácnostech k vytápění a přípravě teplé vody I: Statistická data ČSÚ. In: *TZB-info* [online]. Univerzita Karlova v Praze, 2013 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/9952-obnovitelne-zdroje-energie-v-ceskych-domacnostech-k-vytapeni-a-priprave-teple-vody-i>
- [20] NOVÁK, Libor. Topení kusovým dřevem je nejlevnější, ale .. (?). In: *TZB-info* [online]. 2008 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4844-topeni-kusovym-drevem-je-nejlevnejsi-ale>
- [21] HORÁK, Jiří, et. al. Jak si doma stanovit vlhkost a výhřevnost dřeva? In: *TZB-info* [online]. Ostrava: VŠB, TU Ostrava, 2012 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/9300-jak-si-doma-stanovit-vlhkost-a-vyhrevnost-dreva>
- [22] STUPAVSKÝ, Vladimír: Pelety z biomasy - dřevěné, rostlinné, kůrové pelety. *Biom.cz* [online]. 2010-01-01 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pelety-z-biomasy-drevene-rostlinne-kurove-pelety>>. ISSN: 1801-2655.
- [23] STUPAVSKÝ, Vladimír, HOLÝ, Tomáš: Brikety z biomasy - dřevěné, rostlinné, směsné brikety. *Biom.cz* [online]. 2010-01-01 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/brikety-z-biomasy-drevene-rostlinne-smesne-brikety>>. ISSN: 1801-2655.
- [24] PETŘÍKOVÁ, Vlasta: Palivo z rostlin - brikety, pelety. *Biom.cz* [online]. 2007-01-04 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/palivo-z-rostlin-brikety-pelety>>. ISSN: 1801-2655.
- [25] Brikety. *Česká peleta* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.ceska-peleta.cz/pelety-brikety-drevo/brikety/>
- [26] STUPAVSKÝ, Vladimír, HOLÝ, Tomáš: Dřevní štěpka - zelená, hnědá, bílá. *Biom.cz* [online]. 2010-01-01 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/drevni-stepka-zelena-hneda-bila>>. ISSN: 1801-2655.
- [27] Vykurovanie drevnými peletami. *Biomasa* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://biomasa.sk/index.php/pelety/vykurovanie-peletami>
- [28] Kotle na pelety SmartFire. *Můj kotel* [online]. GAS KOMPLET s.r.o. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.mujkotel.cz/smart-fire/kotle-na-pelety-smartfire-regulace-s-dotykovym-1>

- [29] Topení pohledem ekonoma – topíme peletami (II. díl). *TZB-info* [online]. GAS KOMPLET s.r.o., 2013 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/peletky/9744-topeni-pohledem-ekonoma-topime-peletami-ii-dil>
- [30] Ako vybrať kotol na biomasu. *SIEA* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <https://www.siea.sk/letaky/c-260/ako-vybrat-kotol-na-biomasu/#naklady%20na%20vykurovanie>
- [31] Vybíráte kotel na pelety? Mějte přehled!. *TZB-info* [online]. Česká peleta, z.s.p.o., 2012 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://vytapieni.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9225-vybirate-kotel-na-pelety-mejte-prehled>
- [32] *Česká peleta* [online]. Česká peleta, z.s.p.o. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.ceska-peleta.cz/>
- [33] Topení pohledem ekonoma – topíme dřevem (III. díl). *TZB-info* [online]. GAS KOMPLET s.r.o., 2013 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://vytapieni.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9766-topeni-pohledem-ekonoma-topime-drevem-iii-dil>
- [34] Kotel na dřevo - Zplynovací kotel: HolzMaster zplynovací kotel na dřevo. *Můj kotel* [online]. GAS KOMPLET s.r.o. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.mujkotel.cz/kotle-na-drevo/holzmaster-zplynovaci-kotel-na-drevo>
- [35] Co je zemní plyn. *Zemní plyn* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.zemniplyn.cz/plyn/#energie>
- [36] *Plynový kotel* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://plynovykotel.cz/>
- [37] Vitodens 300. *Viessmann* [online]. Viessmann, s.r.o. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.viessmann.sk/sk/obytno-budovy/plynovy-vykurovaci-kotel/plynovy-kondenzacny-kotel/vitodens-300w.html>
- [38] Změny sortimentu a štítky pro plynové kotle od září 2015. *TZB-info* [online]. 2015 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://vytapieni.tzb-info.cz/kondenzace/12752-zmeny-sortimentu-a-stitky-pro-plynove-kotle-od-zari-2015>
- [39] FUČÍK, Zdeněk. Stručná teorie kondenzace u kondenzačních plynových kotlů. In: *TZB-info* [online]. 2004 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1912-strucna-teorie-kondenzace-u-kondenzacnich-plynovych-kotlu>
- [40] CHOTT, Luboš. Jak topit co nejúsporněji: výběr kotle a paliva. *IReceptář* [online]. 2015 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.ireceptar.cz/domov-a-bydleni/energie-a-vytapieni/jak-topit-co-nejusporneji-vyber-kotle-a-paliva/>
- [41] MUSIL, Ladislav. Plyn ve vytápění (I). In: *TZB-info* [online]. 2002 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1163-plyn-ve-vytapieni-i>
- [42] DIVIŠOVÁ, Michaela. Topíme plynem: Výhody a nevýhody různých způsobů plynového vytápění. In: *Peníze* [online]. 2014 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.penize.cz/nakupy/290240-topime-plynem-vyhody-a-nevyhody-ruznych-zpusobu-plynoveho-vytapieni>
- [43] Při spalování zemního plynu uvolňuje pouze 50 % emisí CO₂ oproti hnědému uhlí. In: *TZB-info* [online]. Český plynárenský svaz, 2014 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://vytapieni.tzb-info.cz/vytapime-plynem/12175-pri-spalovani-zemniho-plynu-uvolnuje-pouze-50-emisi-co2-oproti-hnedemu-uhli>

- [44] Kondenzační plynové kotle - nejefektivnější řešení vytápění plynem. *Topeni-topenari* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-klasicka/kotle-plynove/kondenzacni.php>
- [45] Vitodens 343-F B3UA: Stacionární kotle. *Topotechnika* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.topotechnika.cz/Stacionarni-kotle/Vitodens-343-F-B3UA-1>
- [46] Zemní plyn. *Peníze* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.penize.cz/komodity-a-futures/56161-zemni-plyn>
- [47] Vytápíme elektrinou [online]. TZB-info [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-elektřinou>
- [48] KOPAČKOVÁ, Dagmar a Jan BLAŽÍČEK. Varianty elektrického vytápění - rozdělení podle zdroje tepla. In: *TZB-info* [online]. 2014 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-elektřinou/10833-varianty-elektrického-vytapani-rozdeleni-podle-zdroje-tepla>
- [49] BLAŽÍČEK, Jan. Varianty sálavého elektrického vytápění. In: *TZB-info* [online]. 2014 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-elektřinou/11073-varianty-salaveho-elektrického-vytapani>
- [50] Princip infratopení. *Infratopení* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: http://www.infratopeni-infrapanely.cz/teorie_infratopeni.php
- [51] Vytápění elektrinou: Vyplatí se topení elektrinou? *Ekolid* [online]. 2013 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.ekolid.cz/vytapani-elektřinou-vyplati-se/>
- [52] BLAŽÍČEK, Jan. Varianty konvekčního elektrického vytápění. In: *TZB-info* [online]. 2014 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-elektřinou/11256-varianty-konvekčního-elektrického-vytapani>
- [53] Elektrické vytápění - typy topných zařízení. *TZB-info* [online]. Veletrhy Brno, a.s., 2007 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4055-elektricke-vytapani-typy-topnych-zarizeni>
- [54] NAJBRT, Tomáš a Jozef LENOCH. Ekonomické hodnocení užívání dřevostavby pro různé varianty vytápění. In: *TZB-info* [online]. Brno, 2012 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/9024-ekonomicke-hodnoceni-uzivani-drevostavby-pro-ruzne-varianty-vytapani>
- [55] Dakon DALINE PTE 4. *Heureka* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://kotle.heureka.cz/dakon-daline-pte-4/>
- [56] KLECZEK, Josip. Slunce a jeho energie. In: *TZB-info* [online]. 2004 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1948-slunce-a-jeho-energie>
- [57] MATUŠKA, Tomáš. Typy solárních kolektorů. In: *TZB-info* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solarnich-kolektoru>
- [58] ŠOUREK, Bořivoj. Přímé využití sluneční energie - systémy využívající fototermální kapalinové kolektory I. In: *TZB-info* [online]. 2010 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/6518-prime-vyuziti-slunecni-energie-systemy-vyuzivajici-fototermalni-kapalinove-kolektory-i>
- [59] NOVÁK, Milan a Ján TOMČIAK. Konštrukcia slnečného kolektora. In: *TZB-info* [online]. 2004 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1957-konstrukcia-slnecného-kolektora>

- [60] TOMČIAK, Ján. Spôsoby využívania slnečnej energie. In: *TZB-info* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1952-sposoby-vyuzivania-slnecej-energie>
- [61] Princip solárního kolektoru. *CEZ* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k21.htm>
- [62] PONCAROVÁ, Jana. Solární kolektory pro rodinný dům: Stačí 1 metr čtvereční na osobu. In: *Nalezno* [online]. 2011 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/solarni-energie/solarni-kolektory-pro-rodinny-dum-staci-1-metr-ctverecni-na-osobu.aspx>
- [63] Topení ze Slunce. *CEZ* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k22.htm>
- [64] Solární systém pro ohřev vody, přitápění a ohřev bazénu. *Solární systém* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.solarni-system.eu/ohrev-vody-pritapeni-a-ohrev-bazenu>
- [65] MATUŠKA, Tomáš. Solární chlazení. In: *TZB-info* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/143-solarni-chlazení>
- [66] Fotovoltaika. *TZB-info* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika>
- [67] KOSMÁK, František. Princip fotovoltaického článku. In: *Elektrika* [online]. 2009 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/princip-fotovoltaickeho-clanku/view>
- [68] VOJÁČEK, Antonín. Začínáme s fotovoltaickými panely. In: *TZB-info* [online]. 2009 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/6068-zaciname-s-fotovoltaickymi-panely>
- [69] BECHNÍK, Bronislav. Další porovnání fotovoltaiky a solárních termických kolektorů. In: *TZB-info* [online]. 2014 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/11149-dalsi-porovnani-fotovoltaiky-a-solarnich-termickych-kolektoru>
- [70] BECHNÍK, Bronislav. Příprava teplé vody – fotovoltaika nebo solární tepelné kolektory? In: *TZB-info* [online]. 2013 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/10453-priprava-teple-vody-fotovoltaika-nebo-solarni-tepelne-kolektory>
- [71] Solární (fotovoltaické) články. *CEZ* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm>
- [72] FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA NA STŘEŠE DOMU. *ASB portal* [online]. 2012 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/tzb/fotovoltaika/fotovoltaicka-elektrarna-na-strese-domu>
- [73] MATUŠKA, Tomáš a Bořivoj ŠOUREK. Porovnání solárního fototermického a fotovoltaického ohřevu vody. In: *TZB-info* [online]. 2014 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/11103-porovnani-solarniho-fototermickeho-a-fotovoltaickeho-ohrevu-vody>
- [74] HOŘEJŠÍ, Miroslav. Tepelná čerpadla pro každého (I). In: *TZB-info* [online]. 2002 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/953-tepelna-cerpadla-pro-kazdeho-i>

- [75] ENERGIE PROSTŘEDÍ, GEOTERMÁLNÍ ENERGIE, TEPELNÁ ČERPADLA. *EkoWATT* [online]. 2007 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-prostredi-geotermalni-energie-tepelna-cerpadla>
- [76] HOŘEJŠÍ, Miroslav. Tepelná čerpadla pro každého (III). In: *TZB-info* [online]. 2002 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/969-tepelna-cerpadla-pro-kazdeho-iii>
- [77] HOŘEJŠÍ, Miroslav. Tepelná čerpadla pro každého (II). In: *TZB-info* [online]. 2002 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/957-tepelna-cerpadla-pro-kazdeho-ii>
- [78] Vybíráme tepelné čerpadlo. *TZB-info* [online]. Energetické služby PRE, 2012 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/8295-vybirame-tepelne-cerpadlo>
- [79] HOŘEJŠÍ, Miroslav. Tepelná čerpadla pro každého (IV). In: *TZB-info* [online]. 2002 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/974-tepelna-cerpadla-pro-kazdeho-iv>
- [80] Topení pohledem ekonoma – topíme tepelným čerpadlem (IV. díl). *TZB-info* [online]. GAS KOMPLET s.r.o., 2013 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/9803-topeni-pohledem-ekonoma-topime-tepelnym-cerpadlem-iv-dil>
- [81] TnG-Air HD 1100 Si. *Zatopíme* [online]. TnG – Air.CZ,s.r.o. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.zatopime.cz/produkty/tng-air-hd-1100-si/>
- [82] STN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konstrukcí a budov. Část 2: Funkčné požiadavky*. 2012.
- [83] STN 06 0320. *Ohrievanie úžitkovej vody. Navrhovanie a projektovanie*. 1986.
- [84] Splyňovací kotol ATTACK 15 DPX LAMBDA: Drevosplyňovací kotol s vyššou účinnosťou, rúrovým výmenníkom a riadením spalín. *Kúrenie ZEN* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.kurenienzen.sk/kurenien/eshop/1-1-Kotly-na-tuhe-paliva-pelety/47-3-Vykon-od-10-kW-do-20-kW/5/4323-Splynovaci-kotol-ATTACK-15-DPX-LAMBDA>
- [85] OPOP Biopel Line 15: Kotol na pelety, s externou násypkou na 220 kg pelet. *Kúrenie ZEN* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.kurenienzen.sk/kurenien/eshop/1-1-Kotly-na-tuhe-paliva-pelety/18-3-Vykon-od-10-kW-do-20-kW/5/8468-OPOP-Biopel-Line-15>
- [86] Tepelné čerpadlo NEORÉ MINI. *Moje čerpadlo* [online]. GAS KOMPLET s.r.o. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.mojecerpadlo.cz/tepelne-cerpadlo-mini/>

Zoznam použitých skratiek

CNG	stlačený zemný plyn (<i>Compressed Natural Gas</i>)
COP	vykurovací faktor (<i>Coefficient Of Performance</i>)
ČR	Česká Republika
ČSN	Česká národní Norma
DPH	Daň z Pridanej Hodnoty
Kč	Koruna Česká
LNG	skvapalnený zemný plyn (<i>Liquefied Natural Gas</i>)
MMPT	sledovač (<i>Maximum Power Point Tracker</i>)
NT	Nízky Tarif
STN	Slovenská Technická Norma
TÚV	Teplá Úžitková Voda
ÚK	Ústredné Kúrenie
VT	Vysoký Tarif

Zoznam príloh

Príloha A	Výpočet tepelných strát a potreby tepla na vykurovanie podľa normy STN 73 0540, nezateplený stav
Príloha B	Výpočet tepelných strát a potreby tepla na vykurovanie podľa normy STN 73 0540, zateplený stav
Príloha C	Výpočet potreby tepla na teplú úžitkovú vody podľa normy STN 06 0320

Príloha A

Energetické hodnotenie budov-aktuálny stav								Formulár
STN 73 05 40 - 2 (požiadavky) STN 73 05 40 - 4 (metódy výpočtu)								
1. Budova :		Rodinný dom Dolné Zelenice						
Obostavaný objem [m ³]				Merná plocha [m ²]				
V _b = 372,65				A _b = 128,50				
Obytná budova				Priemerná konštr. výška vykurovaných podlaží [m]				
ano	X	nie		h _{k,pr} = 2,90				
Budova	nová		X	Rodinný dom	X	Byt.dom		
	obnovovaná			Verejná budova				
2. Merná tepelná strata prechodom tepla H _T [W/K]								
Konštrukcia			A _i	U _i	U _i · A _i	Faktor b _x	b _x · U _i · A _i	
			[m ²]	[W/m ² K]	[W/K]	[-]	[W/K]	
Obvodová stena porotherm hr. 300 mm			75,01	0,636	47,70	1	47,70	
Obvodová stena porotherm hr. 400 mm			34,28	0,493	16,91	1	16,91	
Strop nad prízemím			128,50	0,170	21,79	1	21,79	
Prízemie - podlaha nad suterénom			128,50	2,232	286,83	0,8	229,46	
Okná drevené .			14,94	1,626	24,29	1	24,29	
Dvere drevené.			7,05	1,640	11,56	1	11,56	
Drevené presklené steny .			1,25	2,000	2,50	1	2,50	
Súčty			ΣA _i = 389,53				Σb _x · U _i · A _i = 354,22	
3. Započítanie vplyvu tepelných mostov:			exaktne		paušálne			
Exaktne:					ΔU= 0,1			
Paušálne:			ΔU= 0,05	Zatepľované konštrukcie				
			ΔU= 0,1	Jednovrstvové murované konštrukcie				
Vplyv tepelných mostov [W/K]:				ΔU · ΣA _i = 38,95				
Tepelná vodivosť suterénu [W/K]:				L _S = A · U _{bf} + z.P · U _{bw}		L _S = 0,00		
Merná tepelná strata H _T [W/K]:				H _T = Σb _x · U _i · A _i + ΔU · ΣA _i + L _S = 393,17				
Priemerný súčiniteľ prechodu tepla [W/m ² K]				U _m = H _T /ΣA _i = 1,01				
4. Merná tepelná strata vetrním H _v [W/K]								
Intenzita výmeny vzduchu 1/h			H _v = 0,264 · n · V _b		H _v = 49,19			
n= 0,5								
5. Merná tepelná strata H = H _v + H _T [W/K]			H = 442,36					

6. Solárne zisky Q_s [kWh]				I_{sj}	g_{nj}	A_{nj}	$Q_s = \sum I_{sj} \cdot \sum 0,5 g_{nj} \cdot A_{nj}$	
Juh				320	0,675	3,39	366,53	
Východ				200	0,675	9,75	658,15	
Západ				200	0,675	7,14	482,21	
Sever				100	0,675	2,95	99,65	
Juhovýchod/Juhozápad				260	0,675	0,00	0,00	
Severovýchod/Severozápad				130	0,675	0,00	0,00	
Horizontálna				340	0,675	0,00	0,00	
							$Q_s = 1\,606,54$	
7. Vnútorne zisky Q_i [kWh]				$Q_i = 5,088 \cdot q_i \cdot A_b$			$Q_i = 2\,615,23$	
[W/m ²]		$q_i = 4$		$q_i = 5$		$q_i = 6$		
		Rodinný dom	X	Bytový dom	0	Verejná budova		0
8. Celkové vnútorné zisky $Q_s + Q_i$ [kWh]							$Q_s + Q_i = 4\,221,77$	
9. Potreba tepla na vykurovanie [kWh/rok]								
$Q_h = 82,1(H_T + H_V) - 0,95 \cdot (Q_i + Q_s)$							$Q_h = 32\,307,46$	
10. Merná potreba tepla na vykurovanie [kWh/m³]								
$E_1 = Q_h/V_b$							$E_1 = 86,70$	
11. Merná potreba tepla na vykurovanie [kWh/m²]								
$E_2 = Q_h/A_b$							$E_2 = 251,42$	
12. Faktor tvaru budovy $\sum A_i/V_b$							$\sum A_i/V_b = 1,05$	
13. Normové hodnoty								
Nové budovy				Obnovovné budovy				
$E_{1N} = 10,27 + 25,43 \cdot \sum A_i/V_b = 36,85$				$E_{1N} = 15,79 + 30,71 \cdot \sum A_i/V_b = 0,00$				
$E_{2N} = h_{k,pr} \cdot E_{1N} = 106,87$				$E_{2N} = h_{k,pr} \cdot E_{1N} = 0,00$				
14. Hodnotenie	$E_1 < E_{1N}$	alebo	Vyhovuje?		ano	X		
STN 73 05 40 - 2	$E_2 < E_{2N}$				nie			
15. Stupeň potreby tepla				235,26%				
SPT = $E_1/E_{1N} \cdot 100\%$ =								
A veľmi úsporná		B úsporná-bez energií			C vyhovujúca			
D nevyhovujúca		E neúsporná			F veľmi neúsporná			
G plytvajúca								

Príloha B

Energetické hodnotenie budov-aktuálny stav								Formulár
STN 73 05 40 - 2 (požiadavky) STN 73 05 40 - 4 (metódy výpočtu)								
1. Budova :		Rodinný dom Dolné Zelenice						
Obostavaný objem [m ³]				Merná plocha [m ²]				
V _b = 372,65				A _b = 128,50				
Obytná budova				Priemerná konštr. výška vykurovaných podlaží [m]				
ano	X	nie		h _{k,pr} = 2,90				
Budova	nová			Rodinný dom		X	Byt.dom	
	obnovovaná		X	Verejná budova				
2. Merná tepelná strata prechodom tepla H _T [W/K]								
Konštrukcia			A _i	U _i	U _i · A _i	Faktor b _x	b _x · U _i · A _i	
			[m ²]	[W/m ² K]	[W/K]	[-]	[W/K]	
Obvodová stena porotherm hr. 300 mm +10cm zateplenie			75,01	0,277	20,76	1	20,76	
Obvodová stena porotherm hr. 400 mm+ 10cm zateplenie			34,28	0,246	8,43	1	8,43	
Strop nad prízemím			128,50	0,170	21,79	1	21,79	
Prízemie - podlaha nad suterénom + 5cm zateplenie			128,50	0,497	63,91	0,8	51,13	
Okná drevené			14,94	1,626	24,29	1	24,29	
Dvere drevené			7,05	1,640	11,56	1	11,56	
Drevené presklené steny			1,25	2,000	2,50	1	2,50	
Súčty			ΣA _i = 389,53				Σb _x · U _i · A _i = 140,47	
3. Započítanie vplyvu tepelných mostov:				exaktne		paušálne		
Exaktne:						ΔU= 0,05		
Paušálne:				ΔU= 0,05	Zatepľované konštrukcie			
				ΔU= 0,1	Jednovrstvové murované konštrukcie			
Vplyv tepelných mostov [W/K]:				ΔU · ΣA _i = 19,48				
Tepelná vodivosť suterénu [W/K]:					L _S = A · U _{bf} + z · P · U _{bw}		L _S = 0,00	
Merná tepelná strata H _T [W/K]:				H _T = Σb _x · U _i · A _i + ΔU · ΣA _i + L _S = 159,94				
Priemerný súčiniteľ prechodu tepla [W/m ² K]				U _m = H _T /ΣA _i = 0,41				
4. Merná tepelná strata vetrním H _v [W/K]								
Intenzita výmeny vzduchu 1/h				H _v = 0,264 · n · V _b		H _v = 49,19		
n= 0,5								
5. Merná tepelná strata H = H _v + H _T [W/K]				H= 209,13				

6. Solárne zisky Q_s [kWh]		I_{sj}	g_{nj}	A_{nj}	$Q_s = \sum I_{sj} \cdot \sum 0,5 g_{nj} \cdot A_{nj}$
Juh		320	0,675	3,39	366,53
Východ		200	0,675	9,75	658,15
Západ		200	0,675	7,14	482,21
Sever		100	0,675	2,95	99,65
Juhovýchod/Juhozápad		260	0,675	0,00	0,00
Severovýchod/Severozápad		130	0,675	0,00	0,00
Horizontálna		340	0,675	0,00	0,00
					$Q_s = 1\,606,54$
7. Vnútorné zisky Q_i [kWh]		$Q_i = 5,088 \cdot q_i \cdot A_b$			$Q_i = 2\,615,23$
[W/m ²]	$q_i = 4$	$q_i = 5$		$q_i = 6$	
	Rodinný dom	X	Bytový dom	0	Verejná budova
					0
8. Celkové vnútorné zisky $Q_s + Q_i$ [kWh]					$Q_s + Q_i = 4\,221,77$
9. Potreba tepla na vykurovanie [kWh/rok]					
$Q_h = 82,1(H_T + H_V) - 0,95 \cdot (Q_i + Q_s)$					$Q_h = 13\,159,15$
10. Merná potreba tepla na vykurovanie [kWh/m³]					
$E_1 = Q_h/V_b$					$E_1 = 35,31$
11. Merná potreba tepla na vykurovanie [kWh/m²]					
$E_2 = Q_h/A_b$					$E_2 = 102,41$
12. Faktor tvaru budovy $\sum A_i/V_b$					$\sum A_i/V_b = 1,05$
13. Normové hodnoty					
Nové budovy			Obnovovné budovy		
$E_{1N} = 10,27 + 25,43 \cdot \sum A_i/V_b = 0,00$			$E_{1N} = 15,79 + 30,71 \cdot \sum A_i/V_b = 47,89$		
$E_{2N} = h_{k,pr} \cdot E_{1N} = 0,00$			$E_{2N} = h_{k,pr} \cdot E_{1N} = 138,88$		
14. Hodnotenie	$E_1 < E_{1N}$	alebo	Vyhovuje?	ano	X
STN 73 05 40 - 2	$E_2 < E_{2N}$			nie	
15. Stupeň potreby tepla					
SPT = $E_1/E_{1N} \cdot 100\%$ =		73,73%			
A veľmi úsporná		B úsporná-bez energií			C vyhovujúca
D nevyhovujúca		E neúsporná			F veľmi neúsporná
G plytvajúca					

Príloha C

Energia dodaná teplej vode podľa požadovaného množstva vody, STN 06 0320			
$Q_W = 4,186 \cdot V_W \cdot (\theta_{w,t} - \theta_{w,o})$ [MJ/deň]			
$Q_W =$	2 156,22 kWh/rok		
V_W -	množstvo tepla dodanej teplej vody pri stanovenej teplote [MJ/deň]		
$\theta_{w,t}$ -	teplota vody na výstupe z ohrievača vody [°C]		
$\theta_{w,t} =$	60 °C		
$\theta_{w,o}$ -	teplota vody na vstupe z ohrievača vody [°C]		
$\theta_{w,o} =$	10 °C		
$V_W = (V_{W,f,day} \cdot f) / 1000$	[m³ /deň]		
$V_{W,f,day}$ -	merná denná potreba teplej vody [l/m². deň]		
f -	podlahová plocha rodinného domu [m²]		
$f =$	128,50		
ak $f >$	27,00 m²		
$V_{W,f,day} = (x \cdot \ln(f) - y) / f$	[l /m².deň]		
Pre rodinný dom :x = 39,5 l/deň		y = 90,2 l / deň	
$V_{W,f,day} =$	0,791	[l /m².deň]	
$V_W =$	0,102	[m³ /deň]	
$Q_W =$	21,27 MJ/deň	= 5,91	kWh / deň
$Q_{W,rok} =$	5,91	kWh /deň. 365,00	dní = 2 156 kWh/rok