



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

NÁVRH ZDROJE TEPLA PRO DOMOVNÍ VYTÁPĚNÍ

PROPOSAL HEAT SOURCES FOR HOME HEATING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Szabolcs Dobai

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Marek Baláš, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav
Student: **Szabolcs Dobai**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Marek Baláš, Ph.D.**
Akademický rok: 2016/17

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:

Návrh zdroje tepla pro domovní vytápění

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Hlavní náplní práce je určení optimálního zdroje pro domovní vytápění tak, aby splňoval požadavky ekonomické, ekologické, komfortní a další. Budou porovnány dostupné technologie a na základě vlastností bude proveden samotný návrh.

Na závěr práce bude provedeno ekonomické zhodnocení.

Cíle bakalářské práce:

Přehled zdrojů tepla vhodných pro rodinné domy.

Výpočet potřeby tepla pro vzorový rodinný dům.

Návrh variant zdroje tepla.

Ekonomické posouzení návratnosti investice do nového zdroje tepla.

Seznam literatury:

BALÁŠ, Marek. Kotle a výměníky tepla. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-214-4770-7.

BROŽ, Karel. Vytápění. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 2006, ISBN 80-01-02536-5.

ČSN EN 73 0540 – 3. Tepelná ochrana budov. 1. Praha: Český normalizační úřad.

ČSN EN 12831. Tepelné soustavy v budovách - výpočet tepelného výkonu. 1. Praha: Český normalizační institut.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

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

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

Abstrakt

Táto bakalárska práca sa zaoberá vykurovaním a výberom vhodného zdroja tepla pre rodinné domy. V prvej kapitole sú popísané zdroje tepla využívané pre vykurovanie rozdelené podľa paliva. Druhá časť je venovaná výpočtu energetickej bilancie konkrétneho objektu a potrebe tepla pre vykurovanie. Podľa výsledkov je následne vybraných päť možných variantov. Na záver je spracované ekonomické zhodnotenie vybraných zdrojov tepla a z nich zvolený najvýhodnejší. V prílohe je uvedený pôdorys, rez, výpisy prvkov (okná a vonkajšie dvere), a taktiež pohľady celého rodinného domu.

Kľúčové slová

vykurovanie, zdroje tepla, rodinný dom, kotol, tepelné čerpadlo

Abstract

This bachelor's thesis deals with heating and selection of appropriate heat sources for family houses. The first chapter describes heat sources used for heating by type of fuel. The second part is devoted to calculation of the energy balance and the amount of heat required for a particular object. According to the results, five possible options are selected. At the end, the economic evaluation of the selected heat sources are processed and the most suitable one is selected. The attachment provides floor plan, section, list of the elements (windows and front door) and also appearance of the house.

Keywords

heating, heat sources, family house, boiler, heat pump

Bibliografická citace

DOBAI, SZ. *Návrh zdroje tepla pro domovní vytápění*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 52 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Marek Baláš, Ph.D..

Čestné vyhlásenie

Vyhlasujem, že som bakalársku prácu na tému *Návrh zdroje tepla pro domovní vytápění* vypracoval samostatne pod odborným vedením vedúceho bakalárskej práce s využitím odbornej literatúry a ďalších informačných prameňov uvedených v zozname použitej literatúry.

V Brne, dňa 23.5.2017

Szabolcs Dobai

Pod'akovanie

Rád by som sa pod'akoval svojmu vedúcemu bakalárskej práce doc. Ing. Marekovi Balášovi, Ph.D. za cenné rady a pripomienky pri tvorbe tejto práce a taktiež rodine a blízkym za podporu počas celého štúdia.

Obsah

1	ÚVOD.....	14
2	ZDROJE TEPLA.....	15
2.1	DEFINÍCIA ZDROJA TEPLA.....	15
2.2	KOTLY.....	15
2.2.1	Charakteristika kotlov.....	15
2.2.2	Tuhé palivá.....	17
2.2.3	Kvapalné palivá.....	20
2.2.4	Plynné palivá.....	21
2.2.5	Elektrokotly.....	23
2.3	KRBY A KACHLE.....	24
2.4	TEPELNÉ ČERPADLÁ.....	26
2.4.1	Typy tepelného čerpadla.....	27
3	VÝPOČET POTREBY TEPLA PRE VZOROVÝ RODINNÝ DOM.....	30
3.1	POPIS STAVBY.....	30
3.2	ENERGETICKÁ BILANCIA.....	30
3.3	POSTUP VÝPOČTU.....	30
3.3.1	PLOŠNÉ A PRIESTOROVÉ PARAMETRE BUDOVY.....	30
3.3.2	Výpočtové teploty.....	31
3.3.3	Výpočet potreby tepla podľa obostavaného priestoru.....	31
3.3.4	Výpočet potreby tepla zjednodušenou metódou [24].....	32
4	NÁVRH VARIANTOV ZDROJA TEPLA.....	36
4.1	PELETOVÝ KOTOL.....	36
4.2	KONDENZAČNÝ PLYNOVÝ KOTOL.....	37
4.3	ELEKTROKOTOL.....	39
4.4	TEPELNÉ ČERPADLO VZDUCH – VODA.....	39
4.5	KRBOVÉ KACHLE S TEPLOVODNÝM VÝMENNÍKOM.....	40
5	HODNOTENIE ZDROJOV TEPLA.....	42
6	ZÁVER.....	46
7	ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV.....	47
8	ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....	50
9	ZOZNAM PRÍLOH.....	52

1 Úvod

Bývanie v rodinnom dome, v krásnom prostredí, za dobrú cenu je snom každého človeka. Avšak po výbere ideálneho projektu rodinného domu treba dávať pozor aj na to, aby tepelná pohoda bola zabezpečená s čo najnižšou energetickou náročnosťou.

Zníženie energetickej náročnosti rodinných domov môžeme zabezpečiť s rôznymi konštrukčnými opatreniami. Pri existujúcich stavbách zateplením obvodového plášťa domu, zateplením stropu alebo výmenou okien. Pri výstavbe nových rodinných domov výdavky na energiu môžeme znížiť tepelnotechnicky správnym návrhom skladieb.

Z hľadiska technického zariadenia budov optimálnu teplotu v interiéri domu môžeme zabezpečiť kúrením alebo výmenou vzduchu.

Zámerom tejto bakalárskej práce je získať rozhľad v oblasti vykurovania rodinných domov, resp. zdrojoch tepla vhodné pre rodinné domy a pre konkrétnu novostavbu. Ďalším cieľom práce je určenie optimálneho zdroja pre domové vykurovanie tak, aby spĺňal ekonomické, ekologické a komfortné požiadavky.

2 Zdroje tepla

Potreba tepla v obytných, občianskych a poľnohospodárskych budovách sa zabezpečuje prevažne z nízkotlakových kotolní, ktoré sú vybavené kotlami na ohrev teplotonosnej látky. Zdroje tepla na individuálnu alebo ústrednú výrobu tepla zásobujú tepelnou energiou vykurovaciu sústavu bytu, podlažia, budovy alebo skupiny budov, súčasne môžu pripravovať aj teplú vodu. Zdroje tepla rozdeľujeme na základe veľkosti zásobovaného územia, potreby tepla, resp. podľa tepelného výkonu, spaľovaného paliva a umiestnenia. [1]

2.1 Definícia zdroja tepla

Pod týmto pojmom myslíme technické zariadenie, v ktorom prebieha proces premeny chemickej energie obsiahnutej v palive na energiu tepelnú, schopnú odovzdať sa prostredníctvom teplotonosnej látky do miesta spotreby. Všeobecne môžeme zdroje tepla rozdeliť na dve skupiny:

1. Zdroje, ktoré dodávajú teplo pre celý dom (kotly).
2. Zdroje, ktorými je možno vyhriať iba jednu alebo niekoľko miestností (ohrievače, krby, kachle, solárne kolektory a tepelné čerpadlá).

Väčšina zdrojov tepla sa vyrába na všetky druhy paliva. Menej bežné sú solárne kolektory a tepelné čerpadlá. [1] [2]

2.2 Kotly

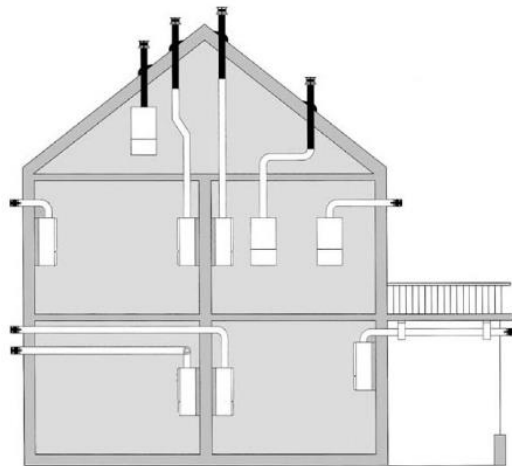
2.2.1 Charakteristika kotlov

Najčastejším zdrojom tepelnej energie pre rodinné domy sú kotly. V kotloch sa spaľuje palivo a ohrieva teplotonosné médium. Trh poskytuje veľký výber kotlov. Výber je obmedzený v závislosti na tom, či je možné dom pripojiť k elektrickej sieti a k plynu, možnosťou umiestnenia kotla a s tým spojený odvod spalín z použitého paliva, na druhu vykurovacieho systému a na riešenie ohrevu teplej vody v objekte. [3]

Ďalším limitujúcim faktorom je výkon kotla, ktorý musí byť aspoň rovnako veľký, ako sú tepelné straty domu. Ich výkon sa pomocou regulácie môže pohybovať vo veľmi širokých intervaloch. U moderných kotloch je možné meniť tepelný výkon podľa okamžitej potreby v rozsahu 30-100 %. [2] [3]

Kotol môže byť umiestnený na rôznych miestach v dome. Z hľadiska výškového umiestnenia je to možné v pivnici, na prízemí aj v podkroví. Čo sa týka miestností, môže byť v predsieni, kuchyni, kúpeľni, na chodbe, prípadne aj v ďalších miestnostiach. Musia však byť dodržané zásady pre bezpečnú prevádzku. Kotly na uhlie alebo na plyn musia mať zaistený odvod dymových spalín, a to buď cez komín, alebo cez stenu (viď obr. 1).

Ak v dome nie je vyhovujúci komín a nemožno ho postaviť, odvádzajú sa dymové spaliny z kotla cez najbližšiu stenu von. Kotly, ktoré neodvádzajú dymové spaliny do komína, sa nazývajú turbokotly. Sú opatrené ventilátorom, ktorý zaisťuje odvod spalín. Vyústenie pritom nesmie byť v blízkosti okien alebo odvetrávacieho kanalizačného potrubia. [2]



Obr. 1: Rôzne možnosti odvodu dymových spalín [2]

Podľa výškového umiestnenia v miestnosti sa rozlišujú kotly nástenné (zavesené na stene) a stacionárne (umiestnené na zemi). V rodinných domoch sa používajú oba druhy. Nástenné sú ľahké a vešajú sa na prípravky ukotvené na stene. Stacionárne kotly majú liatinové články. Ich hmotnosť sa podľa počtu článkov pohybuje okolo 100–200 kg. Dôležitou výhodou kotlov s liatinovými článkami je ich vysoká životnosť. [2]

Kotly, ktoré ohrievajú vodu nielen pre vykurovanie, ale aj pre úžitkové účely, sa nazývajú kombinované kotly (obr. 2). Zásobník na teplú vodu je možné umiestniť vedľa kotla, pod kotlom alebo nad ním. Tento typ musí mať v porovnaní s klasickým kotlom vyšší výkon. [2]



Obr. 2: Stacionárny plynový kombinovaný kotol so zásobníkom teplej vody umiestnený v podkroví [2]

Podľa druhu spaľovaného paliva rozoznávame kotly:

- na palivo tuhé – spaľujú tuhé fosilné palivo, drevo, biomasu a tuhé odpady,
- na palivo kvapalné – spaľujú vykurovacie oleje a kvapalné odpady,
- na palivo plyné – spaľujú zemný plyn, propán, zmes propán-bután,
- na zmesi palív. [4]

2.2.2 Tuhé palivá

Z cenového hľadiska sú tuhé palivá jednoznačne najlacnejšie. Používajú sa zo všetkých druhov palív najdlhšie. V miestach, kde sa nezavádza plynovod môže byť uhlie a drevo hlavným palivom aj v budúcnosti. K najdôležitejším vlastnostiam tuhých palív patrí výhrevnosť, zrnitosť a obsah vody (vlhkosť). Výhrevnosť je množstvo tepla, ktoré sa získa spálením 1 kg paliva. Zrnitosťou sa myslí veľkosť uhlia (od 10 do 100 mm). Relatívna vlhkosť tuhých palív by mala byť čo najmenšia. Palivá je nutné skladovať v suchých vetrateľných priestoroch. [2]

Uhlie a uhelný koks

Uhlie, prípadne koks boli klasickým palivom používaným na vykurovanie rodinných domov. V súčasnosti je už možné vymeniť technologicky zastaralé spaľovacie kotly za splyňovacie, ktoré majú vyššiu účinnosť a sú lepšie regulovateľné. Z pohľadu súčasných trendov vo vykurovaní nie je uhlie už dávno moderným a efektívnym nosičom energie, ktorý navyše vo väčšine prípadov nespĺňa stále náročnejšie normy ochrany ovzdušia. Výhrevnosť uhlia je približne 16 až 18 MJ·kg⁻¹, podľa druhu a vlhkosti paliva. V súčasnej dobe už nie je nevýhodou časté prikladanie uhlia, lebo kotly modernej konštrukcie majú veľkú násypnú šachtu. Prikladanie uhlia je automatické a zásoba uhlia v šachte môže vydržať až týždeň (obr. 3). [5]

Koks je pevný uhlíkový zvyšok z čierneho uhlia, z ktorého je odstránená prchavá horľavina. Je vyrábaný v peci s obmedzeným prístupom vzduchu a teplote asi 1000 °C. Pri výrobe vzniká decht, čpavok, ľahké oleje a svietiplyn. Zo všetkých druhov uhlia má najväčšiu výhrevnosť (okolo 30 MJ·kg⁻¹) a čistotu, preto sa používa v metalurgii. Nevýhodou je jeho vyššia cena, ktorá je až dvojnásobná oproti uhliu. [6]



Obr. 3: Kotel na uhlíe so zásobníkom uhlia [7]

Biomasa

Biomasa v podobe rastlín je v podstate chemicky zakonzervovaná slnečná energia, ktorú rastliny vďaka fotosyntéze premieňajú na organickú hmotu. Je to súčasne jeden z najuniverzálnejších a najrozšírenejších zdrojov energie na Zemi. Slnečná energia absorbovaná v biomase môže byť premenená na užitočnú formu energie – teplo, elektrinu alebo pohonné hmoty pre motorové vozidlá. [5]

Formy biomasy:

a) Kusové drevo

Vykurovanie kusovým drevom je súčasne s uhlím najčastejšie používaná energetická surovina. Výhodou je jeho cena a dostupnosť. Naproti tomu, je jeho nevýhodou nízka výhrevnosť pri vyššej vlhkosti, preto sa čerstvo vyťažené drevo musí aspoň rok vysúšať na požadovanú vlhkosť. To je dôležitý fakt, pretože vlhkosť v dreve sa uvoľňuje až v kotli a to na úkor výhrevnosti. Súčasne pri spaľovaní vlhkého dreva klesá aj teplota spaľovania, čo vedie k nesprávnemu zoxidovaniu všetkých spáliteľných zložiek, dochádza k dymeniu, zanášaniam dymových potrubí a k znižovaniu životnosti kotla. Ak sa drevo kúpi v metráži, je nutnosť domácej prípravy ako je štiepanie a rezanie. Výhrevnosť je pri 20 % vlhkosti približne $14 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. [8] [9]

b) Brikety

Brikety sú valcovité telesá s dĺžkou asi 15–25 cm vyrobené z odpadovej biomasy drtením, sušením a lisovaním bez akýchkoľvek chemických prísad. Lisovaním sa dosahuje vysoká hustota ($1200 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$), čo je dôležité pre objemovú minimalizáciu paliva. Vysoká výhrevnosť ($19 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$) je zárukou nízkych nákladov na vykurovanie. Nízka popolnatosť (0,5 %),

neobmedzená skladovateľnosť, bezprašnosť a jednoduchá manipulácia sú vlastnosti, ktoré tomuto palivu dávajú špičkové parametre. [8]



Obr. 4: Drevené brikety [10]

c) Pelety

Je to palivo vyrábané pre automatické kotly s vlastnosťami veľmi podobnými vlastnostiam brikiet. Podstatný rozdiel je vo veľkosti – pelety sú obvykle valcového typu s priemerom do 8 mm a dĺžkou okolo 25 mm. Vyrába sa pomocou lisu z poľnohospodárskych a drevných odpadov alebo surovín. Peletuje sa napríklad slama, energetické byliny, otruby, drevné piliny alebo kôra. Pelety sa rozdeľujú na svetlé a tmavé, kde svetlé pelety sú kvalitnejšie a výhradne z drevených pilín a hoblín, tmavé sú z ostatných surovín. Výhrevnosť peliet je okolo $18 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$, ktorá je vyššia oproti drevu, čo je dané nižšou vlhkosťou. [5]



Obr. 5: Drevené pelety [11]

d) Energetická štiepka

Štiepky sú 2–4 cm dlhé kúsky dreva, ktoré sú odpadovým produktom drevárskeho priemyslu a ich energetické zužitkovanie sa stalo vo viacerých krajinách bežné. Je to palivo, v ktorom sa spájajú tri významné výhody:

- pri súčasnej cenovej úrovni najlacnejšie;
- kotly na štiepku sa dajú plne automatizovať;
- na skladovanie štiepok stačí otvorený prístrešok s dobrým prúdením vzduchu, kde sa osušuje. [5] [8]



Obr. 6: Drevená štiepka [11]

2.2.3 Kvapalné palivá

Medzi kvapalné palivá patria predovšetkým vykurovacie oleje. Ich používanie sa znížilo najmä po plynifikácii dedín. Teraz sa vplyvom vysokej ceny ropy používajú len zriedka. Výhodou je vysoká účinnosť spaľovania až 95% a výhrevnosť, ktorá dosahuje až $43 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. [12]

a) Ľahký vykurovací olej

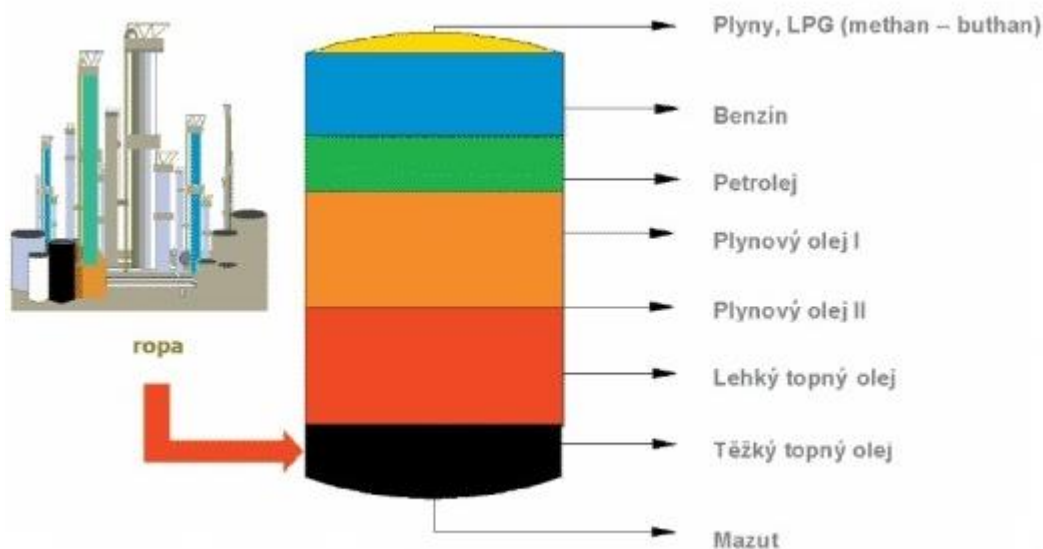
Tieto oleje sa získavajú destiláciou ropy. Viskozita a farba je veľmi podobná ako motorová nafta. Rozlišujú sa preto prídavkom farbív a značkových látok. Pre rodinné domy nie je ako palivo príliš vhodný. [12]

b) Ťažký vykurovací olej

Ťažké vykurovacie oleje sa tiež získavajú destiláciou ropy, jedná sa o zmes vyšších uhlíkovodíkov. Predtým predstavovali destilačný zvyšok (mazut) vriacej nad 350°C . Ako palivo pre domáce vykurovanie nie je vhodný. [12]

c) Extraľahký vykurovací olej

Vyrába sa v rafinérii miešáním vhodných odsírených frakcií pri destilácii ropy. Vzhľadom k veľkému stupňu odsírenia je vhodný ako vykurovacie palivo v osobitne ekologicky chránených krajinných oblastiach. Ako palivo do domácnosti je vhodný, nevýhodou je vysoká cena. [12]



Obr. 7: Destilácia ropy [13]

2.2.4 Plynné palivá

a) Zemný plyn

Zemný plyn je prírodný horľavý plyn a je výrazným plynným fosílnym palivom. Je to zmes uhlíkovodíkov, z ktorých 93 až 99 % objemu tvorí metán. Nachádza sa v podzemí, väčšinou spoločne s ropou. Oproti uhlíu, má pri spaľovaní nižšie emisie oxidu uhličitého. Je ľahší ako vzduch, bezfarebný, bez chuti a bez zápachu, preto sa pri úprave pridáva odorant – zápachová látka, aby bol v ovzduší identifikovateľný.

Vykurovanie zemným plynom je veľmi komfortné, čo hrá dôležitú rolu pri výbere spôsobu vykurovania vo väčšine domácností. Nevýhodou je cena, ktorá sa v posledných rokoch rapídne zvyšuje. Možno ho ale spaľovať s vysokou účinnosťou a nesporným kladom je aj jeho veľká výhrevnosť až $33 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$. [14]

b) Propán-bután

Propán a propán-bután sú plyny, ktoré sú dovážané nákladnými autami do cisterien zabudovaných v objektoch alebo v ich blízkosti. Tieto skvapalnené plyny nie sú jedovaté, sú však nedýchatelné, pre okolitú prírodu neškodné a pri spaľovaní veľmi ekologické. Toto palivo zatiaľ vychádza pomerne drahé. Okrem vysokej ceny existujú aj ďalšie nevýhody týchto plynov. Fakt, že sú ťažšie ako vzduch spôsobuje, že pokiaľ je kotol umiestnený v suteréne, môže dôjsť pri úniku plynu k jeho nahromadeniu. Odstránenie je zložité. Podľa toho musia byť upravené aj rozvody elektriny (úprava pre výbušné prostredie). Ďalšou negatívnou vlastnosťou tohto plynu je, že sa pri silných mrazoch niekedy nestačí v nádrži dostatočne odparovať zo skvapalneného stavu, čo spôsobuje pokles tlakov v sústave a vedie ku zníženiu účinnosti a výkonu kotla. [5]

Kondenzačné kotly

Plynové kondenzačné kotly patria medzi obľúbené energeticky úsporné systémy vykurovania domácností. Dôvodom voľby je predovšetkým úspora energií a tiež ekologickejšia prevádzka oproti klasickému plynovému kotlu. Kondenzačné plynové kotly spotrebúvajú oproti bežným kotlom na plyn menej paliva až o 30 % a majú menšie emisie až o 70 %, napriek tomu však umožňujú rovnakú tepelnú pohodu.

Pri spaľovaní zemného plynu alebo propánu dochádza u kondenzačných plynových kotlov k vzniku vody, ktorá sa v dôsledku horenia ohrieva a mení sa na vodnú paru. Spaliny v podobe vodnej pary a oxidu uhličitého následne odchádzajú a nesú so sebou často tzv. latentné teplo.

Latentné teplo je vlastne tepelná energia ukrytá v tepelných spalinách. Pri ochladení týchto spalín pod teplotu ich rosného bodu sa zmení vďaka kondenzácii ich skupenstvo a dôjde k uvoľneniu tepla. Uvoľnenú energiu využívajú kondenzačné plynové kotly pomocou výmenníkov na ohrev vykurovacej vody, avšak bežné plynové kotly túto energiu vypúšťajú do komína.

Plynový kondenzačný kotol je síce drahší, ale počiatočné investície sa vrátia v podobe menšej spotreby paliva a tiež väčšej šetrnosti k životnému prostrediu. Životnosť kondenzačného kotla je dlhšia a netreba vyvložkovať komín nerezovými vložkami. Vďaka tomu je aj odkúrenie kondenzačného kotla lacnejšie. [15]



Obr. 8: Kondenzačný kotol [15]

2.2.5 Elektrokotly

Elektrokotly sú zdrojom tepla pre vykurovanie alebo vyhrievanie TUV. Hlavnou vykurovacou časťou kotla je vykurovacia špirála stočená z odporového drôtu. Niektoré kotly majú vykurovacie elektródy. Prevádzka kotla je možná iba po schválení príslušným elektrorozvodným závozom, a to buď v priamo vykurovacom, alebo akumuláčnom režime ovládaným signálom HDO. Schválenie závisí na kapacite rozvodnej siete v danej lokalite. Kotly sú napojené na trojfázové vedenie, napätie 3×220 V alebo 3×380 V. Pripojenie elektrokotla musí mať samostatný obvod s ističom.

Hlavné výhody elektrokotlov:

- lokálne ekologicky nezávadné,
- bezhlučná prevádzka,
- nie je potrebný komín,
- dokonalá regulácia,
- automatický chod,
- nenáročná údržba,
- účinnosť až 99%,
- odpadá prikladanie paliva. [2] [3]



Obr. 9: Nástenný elektrokotol Protherm [16]

2.3 Krby a kachle

Krby patria k veľmi obľúbeným zdrojom tepla. Teplo, ktoré je vidno, pôsobí príjemne a vyvoláva dobrý pocit. Palivom v krboch môžu byť pelety, drevo, plyn i elektrická energia. Pri spaľovaní tuhých a plyných palív je vždy skutočný plameň. U vykurovaní elektrickou energiou je plameň v krbe len obrazovou imitáciou. Najviac krbov sa vyrába na kusové drevo. Srdcom krbu je krbová vložka (obr. 10). Je to miesto, kde dochádza k horeniu paliva a ku vzniku tepla. Krbová vložka sa vyrába z hrubostenného oceľového plechu alebo zo šedej liatiny. Tepelný výkon sa pohybuje v širokom rozmedzí, a to 5–35 kW, hmotnosť závisí na výkone a je v rádoch desiatok kilogramov. [2]



Obr. 10: Liatinová krbová vložka s tepelným výkonom 12 kW, hmotnosti 127 kg a priemeru dymovodu 200 mm [17]

Existujú aj krby s teplovodným výmenníkom, ktorý je zabudovaný nad priestorom ohniska. Je to trubkový had z medi alebo nehrdzavejúcej ocele. Voda sa v hade od tepla z krbu ohreje na teplotu potrebnú pre vykurovanie miestností radiátormi. Radiátory môžu byť v izbe s krbom alebo vo vedľajších miestnostiach. Krb tak môže byť centrálnym zdrojom tepla pre vykurovanie celého domu. [2]



Obr. 11: Teplovodné radiátorové vykurovanie, kde zdrojom tepla je krb na drevo [18]

Kachle dodávajú teplo do jednej až dvoch miestností. Ich výkon sa pohybuje najčastejšie v rozmedzí 3–8 kW a spaľujú všetky bežné druhy palív. Na príkon kachlí 1 kW pripadá vyhriaty priestor miestnosti 10–15 m³. Ak je dom veľmi dobre zaizolovaný a kachle majú príkon 8 kW, možno s nimi vyhriať miestnosť s objemom až 120 m³. [2]



Obr. 12: Krbové kachle na drevo s viditeľným ohňom [19]

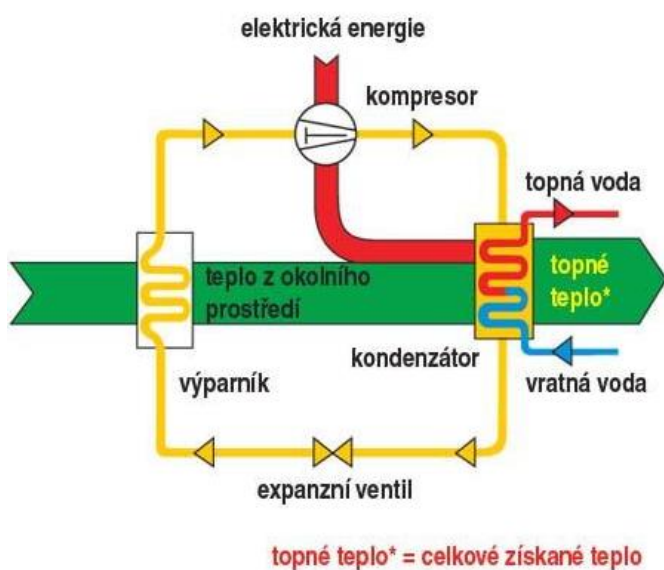
2.4 Tepelné čerpadlá

Medzi najekologickejšie a najúspornejšie systémy na vykurovanie a prípravu teplej vody patrí tepelné čerpadlo. Je to zariadenie, ktoré pracuje na rovnakom princípe ako chladnička, ale obrátene: odoberá tepelnú energiu z okolia (z vody, vzduchu alebo pôdy) a odovzdáva ju vykurovaciemu systému. Základnými prvkami sú kompresor, výparník, kondenzátor a expanzný ventil. Tieto základné členy tvoria okruh naplnený pracovným médiom, ktoré sa vyznačuje nízkym bodom varu.

Kompresor, poháňaný elektrickým motorom, nasáva médium z výparníka vo forme pár, ktoré sa vplyvom stlačenia ohreje na vyššiu teplotu. Ohriate médium prúdi do kondenzátora, kde odovzdá teplo do vykurovacieho okruhu, a odtiaľ prúdi do expanzného ventilu. V expanznom ventile sa zníži tlak a teplota ochladeného média. Takto podchladené médium prechádza rúrkami výparníka a odoberá teplo zo svojho okolia. Vplyvom sania kompresoru sa médium opäť mení na plyn a celý cyklus sa neustále opakuje.

Vykurovací faktor tepelného čerpadla udáva pomer dodanej elektrickej energie (príkonu) k celkovej dodanej tepelnej energii (výkonu). Tento pomer energií sa často blíži až 1:5. Teda pri dodaní 1 kWh elektrickej energie elektromotora vyrobí čerpadlo až 5 kWh tepelnej energie. Obstarávacía cena vykurovacej sústavy, kde zdrojom tepla je TČ, je veľmi vysoká. Prevádzkové náklady sú však zo všetkých zdrojov tepla najnižšie.

Pri veľmi nízkej teplote okolia však TČ nedokáže odoberať potrebné teplo z okolia. Teplotný spád je vyšší a vykurovací faktor sa znižuje. Preto je nutné mať bivalentný zdroj, ktorý ho doplní. Tepelné čerpadlo je prakticky bezúdržbové a bezobslužné. Vykurovanie je teda veľmi pohodlné. [2] [20]



Obr.13: Princíp prevádzky tepelného čerpadla [20]

2.4.1 Typy tepelného čerpadla

Zem–voda

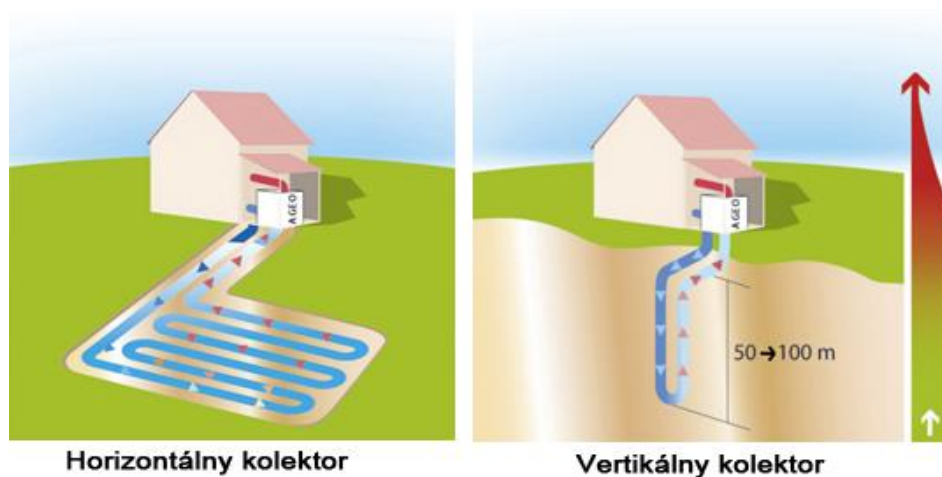
Pôda je veľký akumulátor tepla, priemerná ročná teplota sa pohybuje okolo 10 °C. Systém zem–voda získava teplo prostredníctvom kolektorov umiestnených v pôde. Kolektory sú najčastejšie plastové rúrky, ktorými prúdi nemrznúca kvapalina. Umiestnenie týchto kolektorov môže mať dva varianty: [2]

a) Plošný horizontálny

Kolektory sa zakopávajú do hĺbky približne 1,5 až 2 metre. Teplota pôdy v tejto hĺbke sa pohybuje v medziach 6–7 °C, v lete až 10 °C. Vyžaduje pomerne veľký a málo svahovitý pozemok. Pri určovaní plochy zemného kolektora môžeme vychádzať z potreby 2,5–3,5 m² na 1 m² vykurovanej plochy objektu. Pre bežný rodinný dom je potrebné uvažovať s plochou 250 až 400 m². Tepelný zisk z pôdy možno očakávať v rozmedzí 30 W·m⁻² u ílovitých vlhkých zemín až po 5 W·m⁻² u suchej štrkovitej, alebo piesočnatej pôde. [21]

b) Vertikálny

Kolektor sa vkladá do vrtu v zemi, ktorý môže byť hlboký až 150 m (cca 12 m vrtu na 1 kW vykurovacieho výkonu). Pri využití vertikálneho kolektora TČ spravidla dosahuje vyšší energetický výkon ako pri plošnom - čo súvisí s vyššou teplotou pôdy ako pri horizontálnom kolektore, ktorý je len plytko pod povrchom zeme. Je však mimoriadne dôležitá inštalácia a samotné prevedenie vrtu. [21]



Obr. 14: Horizontálne a vertikálne položené kolektory tepelného čerpadla typu zem–voda [22]

Voda–voda

Tepelné čerpadlo v tomto systéme odoberá teplo z:

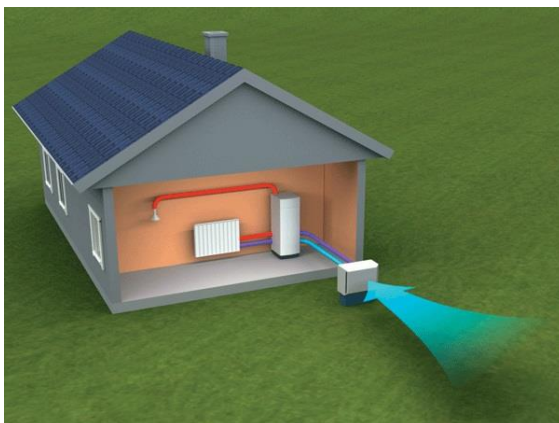
- a) povrchovej vody** – rieka, potok, jazero, umelá nádrž atď. Nevýhodou je premenlivá teplota počas roka, a nedá sa vylúčiť zamŕzanie. Takisto vodné toky môžu byť znečistené, čo môže spôsobovať tvorbu usadenín, koróziu. V takomto prípade je nutné vodu filtrovať, resp. použiť výparník z nehrdzavejúceho materiálu. Ideálna je povrchová voda so spádom (nezamŕza). [21]
- b) podzemnej vody** – najvhodnejší zdroj pre TČ. Je to z toho dôvodu, že má pomerne stálu a vysokú teplotu (7–12 °C), obyčajne nie je chemicky znečistená. Nevýhodou je jej malé množstvo. Najčastejšie sa využíva systém dvoch studní, kde sa z jednej studne odoberá teplejšia voda, ktorá sa ohriala pôdou a do druhej studne sa privádza chladnejšia voda. Pred projektovaním tepelného čerpadla je potrebné urobiť skúšobný vrt a odmerať potrebnú hĺbku studne, výdatnosť, chemické zloženie a akosť podzemnej vody. [21]



Obr. 15: Tepelné čerpadlo typu voda–voda [22]

Vzduch–voda

Tepelné čerpadlo využívající exteriérový vzduch má v zimnom období veľmi nízku účinnosť, alebo nepracujú vôbec. Jedným z riešení ohrevu teplej vody pomocou TČ je – v letnom období využívanie otepleného vzduchu z pivničných priestorov a zároveň ochladzovanie pivnice pre uskladnenie zeleniny. Takéto tepelné čerpadlo je v zimných mesiacoch spravidla podporované dodatočným ohrevom vody v zásobníku napr. elektrickou špirálou, alebo v zimných mesiacoch môže takéto tepelné čerpadlo využívať teplý vzduch napr. z kotolne. Hodinová spotreba vzduchu pre vykurovanie je 2000 až 3000 m³. [21]



Obr. 16: Tepelné čerpadlo typu vzduch–voda [22]

3 Výpočet potreby tepla pre vzorový rodinný dom

3.1 Popis stavby

Modelový rodinný dom je situovaný v okolí mesta Galanta. Samostatne stojací jednopodlažný objekt je určený na bývanie, je nepodpivničený. Kvôli plochej streche a obdĺžnikovému pôdorysnému tvaru stavba má tvar kvádra. K domu prislúcha aj technická miestnosť, garáž nie je spojená s objektom.

Trojizbový dom je obývatel'ný tromi ľuďmi, prípadne aj štyrmi – je navrhovaná jedna spálňa a jedna detská izba. Spoločenskú a zároveň aj najväčšiu časť rodinného domu tvorí kuchyňa s jedálňou spojená s obývacou izbou. Malý priestor dostupný z predsiene je technická miestnosť, kde je navrhnutý zdroj tepla. Výkresy pôdorysu, rezu a pohľadov stavby tvoria prílohu tejto práce.

3.2 Energetická bilancia

Pre vhodný tepelný výkon zdroja vykurovania je veľmi dôležité poznať tepelnú stratu daného objektu. Pri poddimenzovaní môže nastať situácia, kedy má zdroj nižší výkon, ako sú tepelné straty a budovu nie je možné daným zdrojom tepla vykúriť na požadovanú teplotu. Oproti tomu predimenzovanie vedie k častému cyklovaniu celej sústavy, dochádza tak k zníženiu jej životnosti, a k nutnosti znižovania výkonu zdroja. Tepelná strata je stanovená normou ČSN EN 12 831 pre výpočet tepelného výkonu zjednodušenou metódou.

3.3 Postup výpočtu

3.3.1 Plošné a priestorové parametre budovy

Výpočet obostavaného priestoru budovy:

$$V_{op} = a \cdot b \cdot v \quad (3.1)$$

kde a – dĺžka budovy [m]
 b – šírka budovy [m]
 v – konštrukčná výška budovy [m]

$$V_{op} = 12,75 \cdot 7,875 \cdot 3,26$$

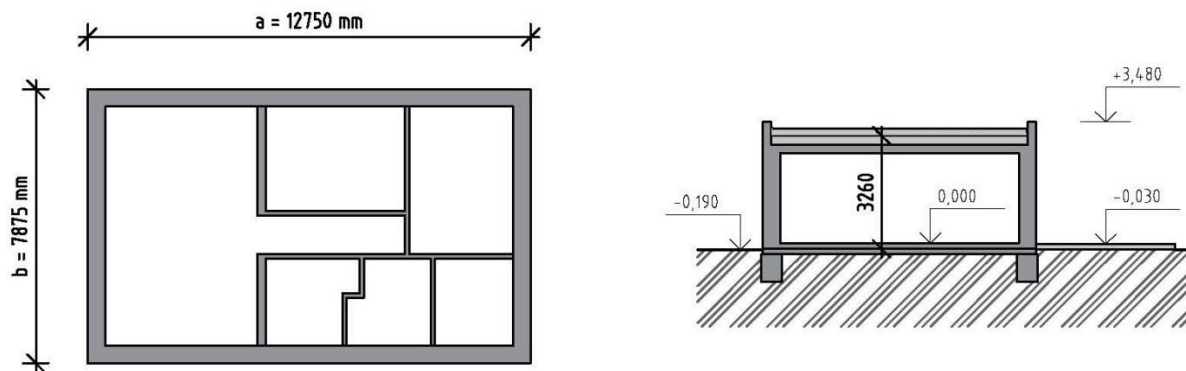
$$V_{op} = 327,324 \text{ m}^3$$

Výpočet plochy strechy a podlahy na teréne:

$$A_e = a \cdot b \quad (3.2)$$

$$A_e = 12,75 \cdot 7,875$$

$$A_e = 100,406 \text{ m}^2$$



Obr. 17: Schematický pôdorys a rez riešeného rodinného domu

3.3.2 Výpočtové teploty

1. Vonkajšia výpočtová teplota sa určuje podľa lokality územia na základe normy STN EN 73 0540-3: 2012; bola stanovená na $-11 \text{ }^{\circ}\text{C}$. [20]
2. Vnútoraná výpočtová teplota pre obytné miestnosti vrátane kúpeľne a chodby je $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.3.3 Výpočet potreby tepla podľa obostavaného priestoru

Potrebu tepla podľa obostavaného priestoru vypočítame podľa vzťahu:

$$Q_{op} = V_{op} \cdot q_{op} \quad (3.3)$$

kde V_{op} – objem obostavaného priestoru [m^3]

q_{op} – merná tepelná strata obostavaného priestoru [$\text{W} \cdot \text{m}^{-3}$] [19]

$$Q_{op} = 327,324 \cdot 32,5$$

$$Q_{op} = 10,638 \text{ kW}$$

3.3.4 Výpočet potreby tepla zjednodušenou metódou [24]

Projektovaná tepelná strata prechodom tepla

Projektovanú tepelnú stratu prechodom tepla pre vykurovaný priestor vypočítame podľa vzorca:

$$\Phi_T = \sum b_x \cdot A_k \cdot U_k \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad (3.4)$$

kde A_k – plocha konštrukcie [m^2]

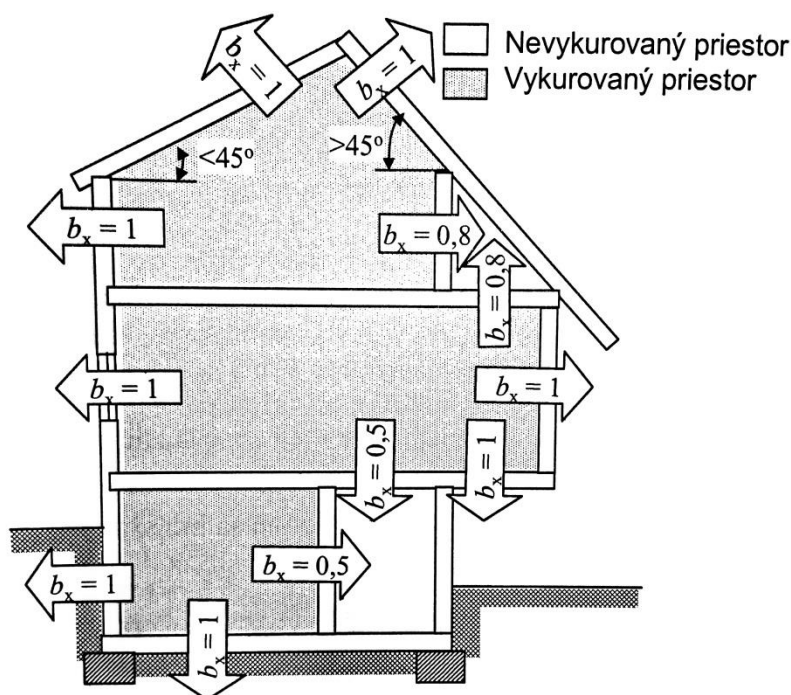
U_k – súčiniteľ prechodu tepla stavebnou konštrukciou [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]

θ_i – vnútorná výpočtová teplota vykurovaného priestoru [$^{\circ}\text{C}$]

θ_e – vonkajšia výpočtová teplota [$^{\circ}\text{C}$]

b_x – redukčný faktor [–]

Plocha konštrukcií A_k , hodnota súčiniteľa prechodu tepla U_k na tepelnovýmennom obale budovy a k nim prislúchajúce redukčné faktory b_x som zapísal do tabuľky 1. Súčiniteľ prechodu tepla sa určuje výpočtom, musí zodpovedať odporúčanej hodnote podľa normy ČSN 73 0540-2:2011 (viď prílohy 1,2,3). Redukčný faktor v sebe zohľadňuje šírenie tepla z interiéru cez nevykurovaný priestor do exteriéru. Umožňuje počítať tepelnú stratu z rozdielu teploty medzi interiérom a exteriérom. Pre vonkajšie konštrukcie nadobúda hodnotu 1 (viď obr. 18).



Obr. 18: Typické redukčné faktory na teplovýmennom obale budovy [25]

Tab. 1: Tepelnotechnické vlastnosti konštrukcií

Konštrukcia	b_x [-]	A_k [m ²]	U_k [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$b_x \cdot A_k \cdot U_k$ [W·K ⁻¹]
Obvodová stena	1	122,783	0,154	18,909
Strecha	1	100,406	0,110	11,045
Podlaha na teréne	1	100,406	0,336	33,736
Okná a vonkajšie dvere	1	20,767	0,800	16,614
Súčet				80,304

$$\Phi_T = 80,304 \cdot (20 - (-11))$$

$$\Phi_T = 2,489 \text{ kW}$$

Projektovaná tepelná strata vetraním

Projektovanú tepelnú stratu vetraním pre vykurovaný priestor vypočítame podľa vzťahu:

$$\Phi_V = 0,34 \cdot V_{min} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad (3.5)$$

kde V_{min} - minimálny objemový tok vzduchu vykurovaného priestoru požadovaný z hygienických dôvodov [m³·h⁻¹]

$$V_{min} = n_{min} \cdot V_i \quad (3.6)$$

kde n_{min} – minimálna intenzita výmeny vonkajšieho vzduchu [h⁻¹]

$n_{min} = 0,5 \text{ h}^{-1}$ pre obytné miestnosti [21]

V_i – objem vykurovaného priestoru na základe vnútorných rozmerov [m³]

$$V_i = 0,8 \cdot V_{op} \quad (3.7)$$

$$\Phi_V = 0,34 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \cdot 327,324 \cdot (20 - (-11))$$

$$\Phi_V = 1,380 \text{ kW}$$

Celková návrhová tepelná strata

Celková návrhová tepelná strata vykurovaného priestoru sa vypočíta nasledovne:

$$\Phi_i = (\Phi_T + \Phi_V) \cdot f_{\Delta\theta} \quad (3.8)$$

kde $f_{\Delta\theta}$ – teplotný korekčný faktor, ktorý zohľadňuje doplnkovú tepelnú stratu miestností vykurovaných na vyššiu teplotu ako susediace vykurované miestnosti [–]

$f_{\Delta\theta} = 1,0$ pre normálnu výpočtovú teplotu miestnosti [21]

$$\Phi_i = (2,489 + 1,380) \cdot 1,0$$

$$\Phi_i = 3,869 \text{ kW}$$

Návrhový tepelný príkon

Celkový návrhový tepelný príkon pre vykurovaný priestor sa vypočíta podľa vzorca:

$$\Phi_{HL} = \Phi_i + \Phi_{RH} \quad (3.9)$$

kde Φ_{RH} – tepelný príkon na zakúrenie vykurovaného priestoru, slúži na vyrovnanie vplyvu prerušovaného vykurovania

$$\Phi_{RH} = A_i \cdot f_{RH} \quad (3.10)$$

kde A_i – plocha podlahy vykurovaného priestoru [m^2]

$A_i = 76,5 \text{ m}^2$ (súčet plôch jednotlivých miestností – viď pôdorys v prílohách)

f_{RH} – faktor zakúrenia, ktorý závisí od typu budovy, konštrukcie budovy, doby zakúrenia a uvažovaného zníženia vnútornej teploty počas tepelného útlumu [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$]

$f_{RH} = 16 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ [21]

$$\Phi_{RH} = 76,5 \cdot 16$$

$$\Phi_{RH} = 1,224 \text{ kW}$$

$$\Phi_{HL} = 3,869 + 1,224$$

$$\Phi_{HL} = 5,093 \text{ kW}$$

Ročná potreba energie na vykurovanie

Výpočet ročnej potreby energie dennostupňovou metódou:

$$\Phi_{r,vyk} = 24 \cdot 3600 \cdot \varepsilon \cdot \Phi_{max} \cdot \left(\frac{\theta_i - \theta_{e,pr}}{\theta_i - \theta_e} \right) \cdot d \cdot 10^{-9} \quad (3.11)$$

kde ε – súčiniteľ nesúčasnosti tepelnej straty infiltráciou (0,8 až 0,9) [–]; $\varepsilon = 0,85$

Φ_{max} – maximálna tepelná strata [W]

$\Phi_{max} = \Phi_i = 3,869 \text{ kW}$

θ_i – vnútorná výpočtová teplota vykurovaného priestoru [°C]

$\theta_{e,pr}$ – priemerná teplota vonkajšieho vzduchu vo vykurovacom období [°C]

(STN 38 3350)

$\theta_{e,pr} = 4,1^\circ\text{C}$

θ_e – vonkajšia výpočtová teplota [°C]

d – počet dní vo vykurovacom období [deň] (STN 38 3350); $d = 212$

$$\Phi_{r,vyk} = 24 \cdot 3600 \cdot 0,85 \cdot 3,869 \cdot \left[\frac{20 - 4,1}{20 - (-11)} \right] \cdot 212 \cdot 10^{-9}$$

$$\Phi_{r,vyk} = 30,896 \text{ GJ} \cdot \text{rok}^{-1}$$

$$\Phi_{r,vyk} \cong 31 \text{ GJ} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (8\,611 \text{ kWh})$$

4 Návrh variantov zdroja tepla

V tejto kapitole vymenujem a podrobne rozpišem viaceré zdroje tepla, vhodné pre vykurovanie vyššie uvedeného rodinného domu. Obsluha a regulácia vybraného kotla by mala zabezpečiť vysoký komfort. Zakurovanie v kotli by malo byť užívateľsky nenáročné, aby ju zvládli obslúžiť aj menej technicky zdatné osoby. Oproti tomu investičné a prevádzkové náklady spolu s návratnosťou musia byť čo najnižšie.

Ročné náklady paliva vypočítam nasledujúcim spôsobom: ročnú potrebu energie vykurovania podelím so súčinom výhrevnosti paliva a účinnosťou kotla. Tým dostaneme množstvo potrebného paliva pre vykurovanie za rok. Následne získanú hodnotu vynásobím jednotkovou cenou daného paliva. Takto vyjde cena paliva za rok.

$$C_R = C_J \cdot \frac{\Phi_{r,vyk}}{H \cdot \eta} \quad (3.12)$$

kde C_R – ročné náklady na palivo [Kč]
 C_J – jednotková cena daného paliva [Kč·kg⁻¹]; [Kč·m⁻³]; [Kč·kWh⁻¹]
 $\Phi_{r,vyk}$ – ročná potreba energie na vykurovanie [J]; [kWh]
 H – výhrevnosť paliva [J·kg⁻¹]; [J·m⁻³]
 η – účinnosť zdroja [%]

Týmto spôsobom získané a ďalšie dôležité hodnoty uvádzam v tabuľke 2.

4.1 Peletový kotol

Vzhľadom na komfort prikladania paliva pre vyššie uvedené parametre som zvolil automatický kotol na pelety ATMOS D14P s účinnosťou 90,3 %. Jeho výkon má rozsah od 4 do 14 kW a je certifikovaný na 5. triedu kotla podľa ČSN EN 303-5. Bez horáka stojí 29 766 Kč s DPH. [24]

Keďže tento typ kotla je konštruovaný pre dokolané spaľovanie peliet, preto je zabudovaný horák, ktorý si plne automaticky za pomoci dopravníka odoberá palivo zo zásobníka. Cena horáka typu ATMOS A45 je 23 474 Kč s DPH. [26]

Kvôli veľkosti technickej miestnosti je zvolená kompaktná nádrž na pelety o objemu 240 l s dopravníkom za 19 118 Kč s DPH. Táto sada umožňuje umiestnenie nádrže v tesnej blízkosti kotla, tak aby zostava zaberala málo miesta. [27]

Spotreba drevených peliet pre tento rodinný dom za vykurovaciu sezónu je približne 1910 kg. Kvôli cene a jednoduchosti dopravy som zvolil uskladnenie na paletách. Na jednej palete sa nachádza 1050 kg peliet, takže pre vykurovaciu sezónu sú potrebné 2. Ročné náklady teda budú 14 000 Kč.

$$C_R = 7 \cdot \frac{31\,000}{18 \cdot 0,903} = 14\,000 \text{ Kč}$$

Typ kotla: ATMOS D14P

Výkon: 4–14 kW

Účinnosť: 90,3 %

Cena zostavy: 72 358 Kč

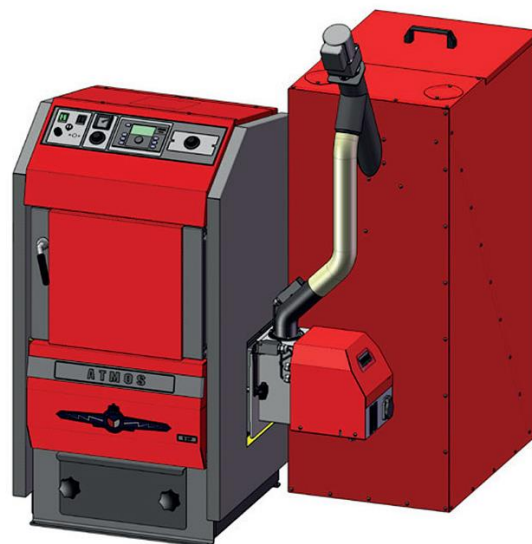
Výhrevnosť peliet: $18 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ [9]

Cena paliva: $7000 \text{ Kč} \cdot \text{t}^{-1}$

Ročné náklady: 14 000 Kč



Obr. 19: Kotel na pelety typu ATMOS D14P [26]



Obr. 20: Ukážka inštalácie kompaktného zásobníka na pelety [27]

4.2 Kondenzačný plynový kotol

Pri vybranom nástennom kondenzačnom kotli THERM 14 KD.A spaľujúci zemný plyn výrobca udáva výkon 2,4–14,6 kW, účinnosť 98–106 % a cenu 36 179 Kč s DPH. Výkon kotla je plynulo regulovateľný v rozsahu cca 16–100 % výkonu a prispôsobuje sa automaticky okamžitým tepelným stratám objektu. Je vhodný pre nízkoenergetické domy a pre kombináciu s podlahovým vykurovaním. Kotel je vybavený energeticky úsporným obehovým čerpadlom, pričom spotreba elektrickej energie je o 50 % nižšia ako u podobných obehových čerpadiel. [28]

Oddymenie je určené pre plynové kondenzačné kotly s maximálnou teplotou spalín 120 °C. Na odvod spalín sa ako materiál používa polypropylén, ktorý sa vyznačuje dlhou životnosťou a odolnosťou voči vlhkému prostrediu. Systém odťahu ϕ 60/100 cenovo vychádza so všetkým príslušenstvom na 9500 Kč s DPH. [29]

Zemný plyn je často používaný ako palivo v súčasnosti. Výhodou spaľovania plynu je ľahká regulácia a účinnosť spaľovania. Nevýhodou je jeho cena a nutnosť oddymenia. Výpočet ročných nákladov zemného plynu s výhrevnosťou $33 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$ a priemernou cenou $14 \text{ Kč}\cdot\text{m}^{-3}$:

$$C_R = 14 \cdot \frac{31000}{33 \cdot 0,98} = 13\,420 \text{ Kč}$$

Typ: THERMONA THERM 14 KD.A

Výkon: 2,4–14,6 kW

Účinnosť: 98–106 %

Cena: 45 679 Kč

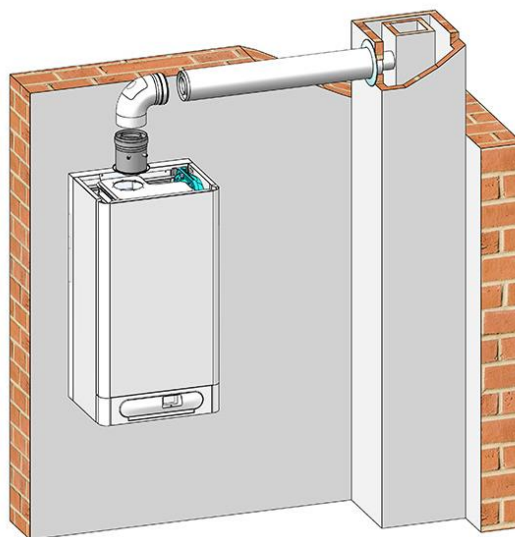
Výhrevnosť zemného plynu: $33 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$ [9]

Cena paliva: $14 \text{ Kč}\cdot\text{m}^{-3}$

Ročné náklady: 13 420 Kč



Obr. 21: Kondenzačný plynový kotol THERM 14 KD.A [28]



Ob. 22: Systém oddymenia ϕ 60/100 – odťah do komína [29]

4.3 Elektrokotol

Výhody elektrokotlov som už rozpisoval v kapitole 2.2.5. Vybraný nástenný kotol značky Protherm modelového označenia Ray 6K má plynulú moduláciu výkonu v rozmedzí od 1 do 6 kW a účinnosť 99,5 %. Cena kotla vyjde 22 821 Kč s DPH. Ku kotlu nie je navrhnutý elektrický ohrev TUV. [30]

Hoci obstarávacia cena je nízka v porovnaní s ostatnými zdrojmi (okrem kachlí), nasledujúci výpočet potvrdzuje, že elektrokotol je naozaj najdrahší variant vykurovania. Za jednotkovú cenu elektriny som vzal priemernú hodnotu $3,71 \text{ Kč} \cdot \text{kWh}^{-1}$. [31]

$$C_R = 3,7 \cdot \frac{8611}{0,995} = 32\,110$$

Typ: PROTHERM RAY 6K

Výkon: 1–6 kW

Účinnosť: 99,5 %

Cena: 22 821 Kč

Cena elektriny: $3,71 \text{ Kč} \cdot \text{kWh}^{-1}$ [31]

Ročné náklady: 32 110 Kč



Obr. 23: Elektrokotol Protherm Ray 6K [30]

4.4 Tepelné čerpadlo vzduch – voda

Tepelné čerpadlo VAILLANT aroTHERM odoberá tepelnú energiu, ktorá je obsiahnutá v okolí prostredí a účinne ju odovzdáva ďalej do vykurovacej sústavy. Správnym návrhom tohto systému môže domácnosť ušetriť viac ako dve tretiny nákladov na vykurovanie. Je konštruovaná ako kompaktná jednotka, ktorá je umiestnená vo vonkajšom priestore, najlepšie v tesnej blízkosti vykurovaného objektu. [32]

Pri navrhnutom modeli čerpadla VWL 55/3 je maximálny výkon 8,1 kW a vykurovací faktor 4,8, obstarávacia cena 132 737 Kč s DPH. Je oveľa drahší od ostatných zdrojov, ale investícia je po rokoch návratná. Výrobca poskytuje záruku na kompresor čerpadla 10 rokov. [32]

$$C_R = 3,71 \cdot \frac{8611}{4,8} = 6\,656 \text{ Kč}$$

Typ: VAILLANTt aroTHERM vWL 85/3

Výkon: 8,1 kW

Vykurovací faktor: 4,8

Cena: 132 737 Kč

Cena elektriny: 3,71 Kč·kWh⁻¹

Ročné náklady: 6 656 Kč



Obr. 24: TČ Vaillant aroTHERM [32]

4.5 Krbové kachle s teplovodným výmenníkom

Krbové kachle s teplovodným výmenníkom typu HAAS+SOHN ADRIA II sú vhodné pre vykurovanie celého domu. Vďaka kvalitnému spaľovaniu, čo výrazne podporuje terciárne spaľovanie a vysokej účinnosti (83 %) dosahujú takéto krbové kachle nízke emisné hodnoty. Tento zdroj má vyberateľný teplovodný výmenník, ktorý je možné podľa potreby jednoducho vybrať či naopak doplniť. Túto obrovskú výhodu je možné využívať cez prechodnú dobu bez napojenia na teplovodný systém vykurovania. Výmenník je schopný odovzdávať do vykurovacích telies (zásobníka vody) približne 47 % z celkového tepelného výkonu kachlí, čo je 4,9 kW. Má vrchný dymovod o priemere 150 mm. Cenovo vychádza na 21 940 Kč s DPH, čím je najlacnejším zdrojom tepla. [33]

Drevo je jedným z palív, ktorý nezaťažuje životné prostredie. Predovšetkým je nutné si uvedomiť, že ide o zdroj nekomfortný. Pri vykurovaní kusovým drevom sa totiž treba starať o:

- pravidelnú sezónnu prípravu, prípadne nákup dreva už pripraveného,
- skladovacie priestory pre dostatočnú zásobu – nutnosť spaľovania vyschnutého dreva,
- vo vykurovacej sezóne každodenné zakúrenie, pravidelné prikladanie,
- vynášanie popola, čistenie kotla a komína. [34]

Na druhej strane je považovaný za najlacnejší spôsob vykurovania rodinného domu, čo potvrdí aj môj výpočet.

$$C_R = 2 \cdot \frac{31000}{14 \cdot 0,83} = 5\,336 \text{ Kč}$$

Typ: HAAS+SOHN ADRIA II

Výkon: 3,4–10,5 kW

Účinnost: 83 %

Cena: 21 940 Kč

Výhrevnost kusového dřeva při vlhkosti 20%: 14 MJ·kg⁻¹ [9]

Cena paliva: 2 Kč·kg⁻¹ [34]

Ročné náklady: 14 000 Kč



Obr. 25: Krbové kachle s teplovodným výměníkem [33]

5 Hodnotenie zdrojov tepla

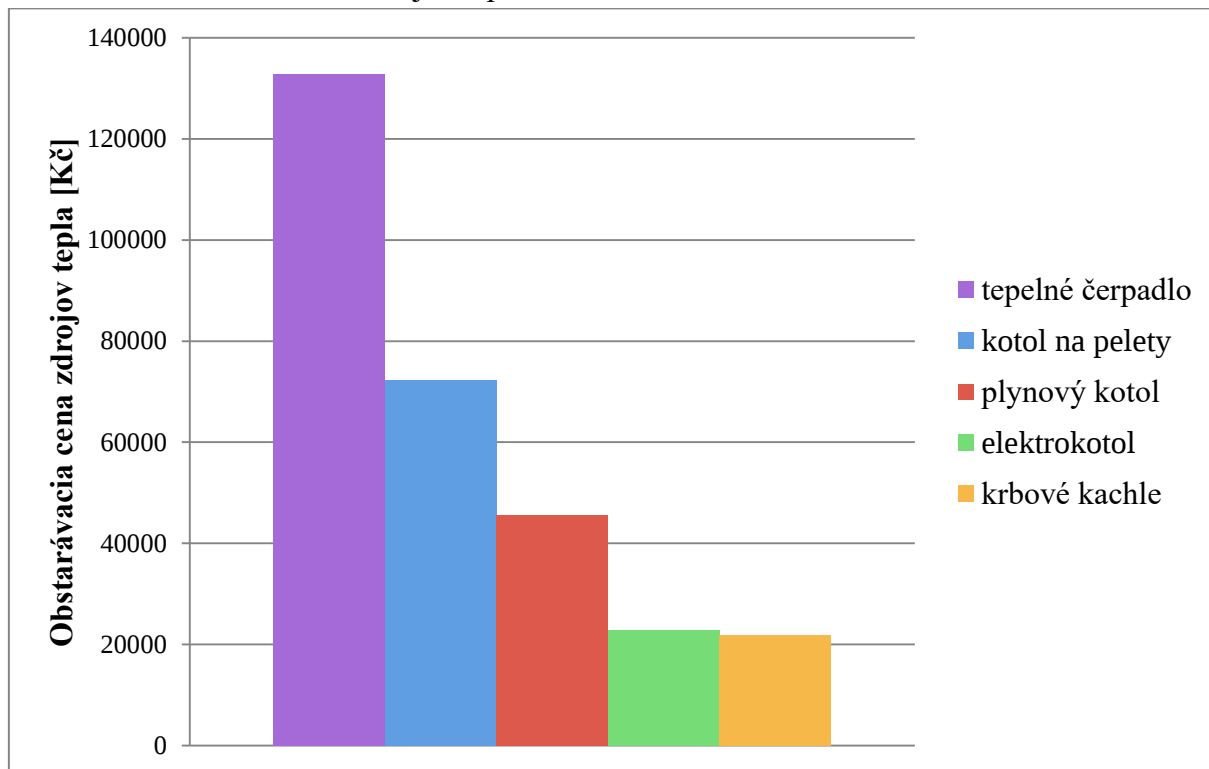
Náklady na vykurovanie, teda súčet obstarávacích a prevádzkových nákladov, sú hodnotené po dobu 20 rokov z dôvodu životnosti zdrojov tepla. Náklady sú viditeľné v nižšie uvedenej tabuľke. U prevádzkových nákladov nebola braná do úvahy inflácia a rast ceny energií.

Tab. 2: Porovnávanie nákladov zdrojov tepla

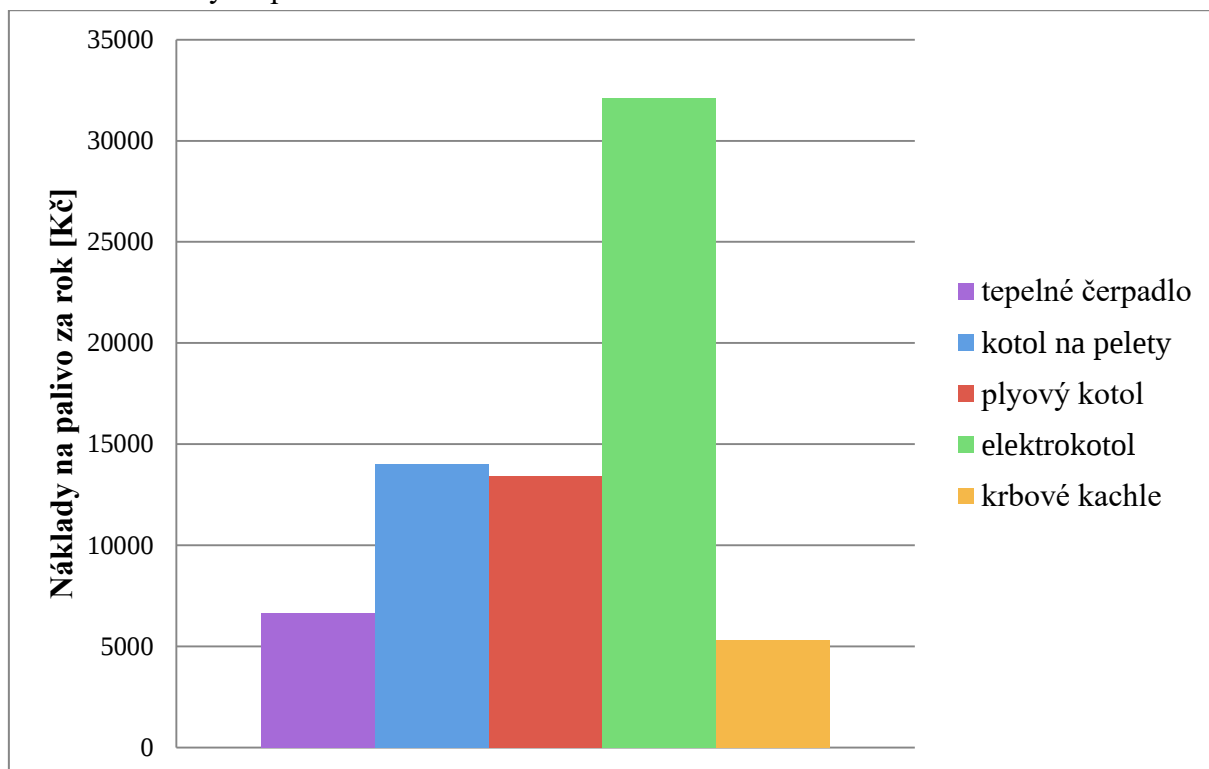
Zdroj tepla	Obstarávacía cena [Kč]	Ročné náklady [Kč]	Súčet obstarávacích a prevádzkových nákladov za 20 rokov [Kč]
Peletový kotol	72 358	14 000	352 358
Plynový kotol	45 679	13 420	314 079
Elektrokotol	22 821	32 110	665 021
Tepelné čerpadlo	132 737	6 656	265 857
Krbové kachle	21 940	5 336	128 660

Kvôli prehľadnému porovnávaniu som ich znázornil v nasledujúcich troch grafoch. Z týchto grafov je jasne vidieť rozdiely nákladov medzi jednotlivými formami vykurovania.

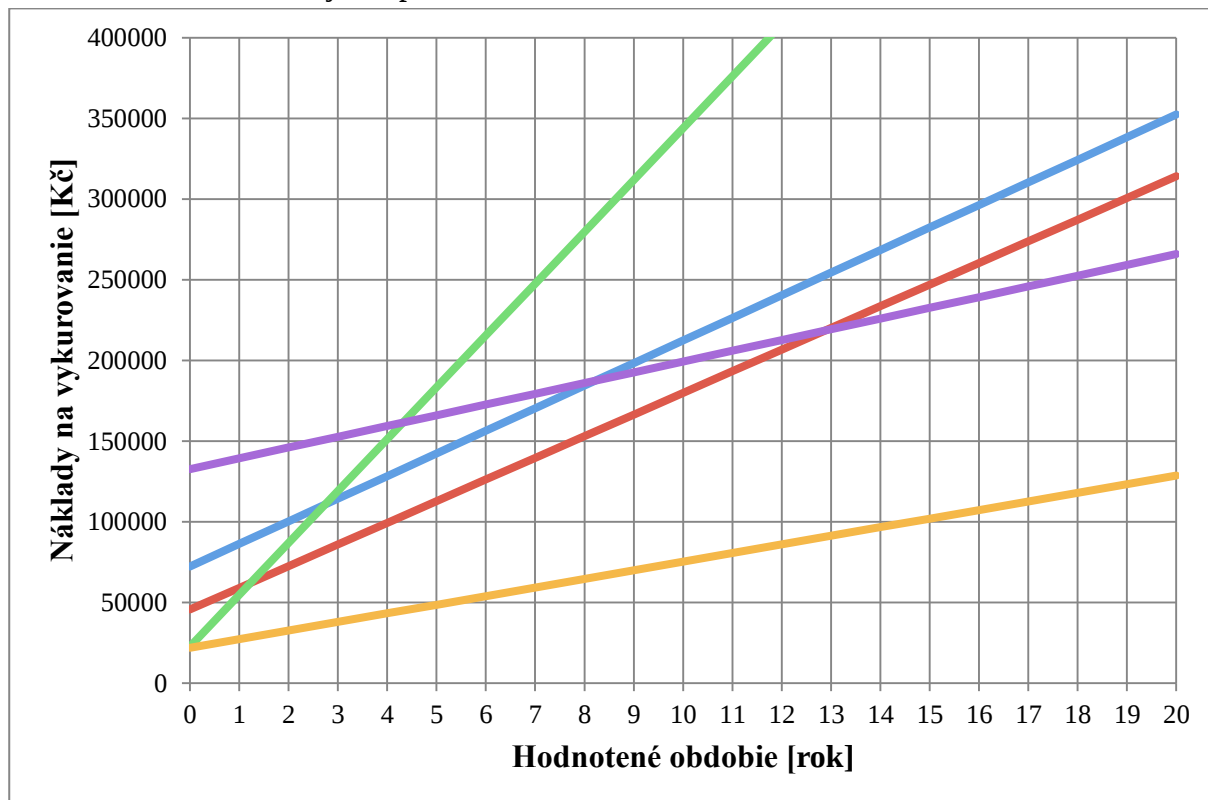
Graf. 1: Obstarávací cena zdrojů tepla v Kč



Graf. 2: Náklady na palivo za rok v Kč



Graf. 3: Porovnanie zdrojov tepla



Legenda

- kotol na pelety
- plynový kotol
- elektrokotol
- tepelné čerpadlo
- krbové kachle

Veľmi pohodlným riešením môže byť voľba elektrokotla. Plne automatizovaná a programovateľná prevádzka zaručí jednoduché ovládanie. Hoci vykurovanie by bolo ekologické a komfortné, kvôli cene elektriny sa stáva po pár rokoch najdrahším spôsobom.

Druhú najvyššiu obstarávaciu cenu má kotol na pelety. Celkovo sa po deviatich rokoch stane tiež druhým najdrahším po elektrokotle. Nevýhodou tohto zdroja je aj potreba väčšieho miesta pre uskladnenie paliva v kotolni, čo pri modelovom dome nie je k dispozícii. Výhodou je jednoduchosť ovládania, keďže je navrhnutý automatický typ kotla.

Vybraný moderný kondenzačný kotol s účinnosťou presahujúcou sto percent zvýši obstarávacie náklady, ale zároveň výrazne zníži náklady na palivo. Tento typ kotla pracuje najefektívnejšie pri podlahovom vykurovaní, kde je nízka vratná teplota vody. Pri súčasnej rastúcej cene fosílnych palív by som ani túto možnosť nevybral.

Tepelné čerpadlo bolo zvolené v režime vzduch-voda. Cena tohto obnoviteľného zdroja je omnoho vyššia od ostatných, ale vďaka nízkej spotrebe elektriny sa investícia po rokoch oplatí. V našom prípade tepelné čerpadlo vyjde lacnejšie v porovnaní s elektrokotlom po štyroch, s kotlom na pelety po deviatich a s kondenzačným kotlom po trinástich rokoch.

Jediná možnosť vykurovania, ktorá dlhodobo vyjde lacnejšie ako tepelné čerpadlo, sú krbové kachle. Obstarávacia cena vybraného typu je tiež najnižšia. Okrem efektívneho spaľovania paliva pôsobí aj esteticky v izbe.

6 Závěr

Cieľom tejto bakalárskej práce bolo dosiahnuť rozsiahly prehľad zdrojov tepla vhodných pre vykurovanie rodinných domov. Následne porovnať z ekonomického hľadiska vybrané zdroje tepla na modelovom príklade rodinného domu. Nakoniec určiť najvhodnejší zdroj pre vykurovanie tak, aby vyhovoval ekonomickým, ekologickým a komfortným nárokom. Práca je rozdelená do troch hlavných častí.

Na začiatku prvej časti je vysvetľovaný pojem zdroj tepla. Potom nasleduje popis a charakteristika jednotlivých zariadení na vykurovanie vhodné pre rodinné domy: kotly, elektrokotly, krby, kachle a tepelné čerpadlá. Kotly sú členené podľa skupenstva spaľovaného paliva a to tuhé, kvapalné a plynné. Sú uvedené aj najdôležitejšie informácie a hodnoty palív, vrátane výhrevnosti. U tepelného čerpadla je uvedený aj princíp prevádzky troch typov.

Druhá časť je výpočtová časť mojej práce, začína sa stručným popisom stavby. Predmetom tejto kapitoly je zistenie charakteristických hodnôt objektu pre voľbu vhodného zdroja tepla: celkovú tepelnú stratu, celkový tepelný príkon a najdôležitejšiu, ročnú potrebu energie na vykurovanie, ktorá vyšla na 31 GJ. Výkresy pôdorysu, rezu a pohľadov modelového domu sa nachádzajú v prílohách.

V ďalšej časti som vymenoval päť zdrojov, ktoré sú vhodné pre vykurovanie modelového domu. Keďže je to jednoposchodový, trojizbový dom s nízkymi tepelnými stratami, cieľom bolo nájsť zdroje s nižším výkonom, ale predsa s vysokou účinnosťou. Týmto kritériám vyhovujú nasledujúce zariadenia: automatický peletový kotol typu ATMOS D14P, plynový kondenzačný kotol THERMONA THERM 14KD.A, elektrokotol PROTHERM RAY 6K, tepelné čerpadlo vzduch-voda VAILLANT aroTHERM vWL 85/3 a krbové kachle HAAS+SOHN ADRIA II. U všetkých zariadení je krátky popis a najdôležitejšie technické údaje produktu, obstarávacia cena, následne výpočet ročnej potreby daného paliva príp. elektriny.

V záverečnej časti práce je ekonomické hodnotenie zdrojov tepla. Keďže môj vzorový objekt je z tepelnotechnického hľadiska nízkoenergetický rodinný dom, náklady na vykurovanie novostavby budú nižšie v porovnaní so starými alebo energeticky úspornými domami. Z grafu 3 vyplýva, že zo všetkých možností sa elektrokotol stane najmenej ekonomickým po štyroch rokoch používania. Vzhľadom na najnižšie náklady na vykurovanie by som zvolil krbové kachle i napriek nutnosti častého prikladania paliva a pravidelného čistenia zariadenia. Druhým najvýhodnejším riešením je tepelné čerpadlo, ktorého obstarávacia cena je vyššia v porovnaní s ostatnými zdrojmi tepla, ale jeho prevádzka je pohodlnejšia a ekologickejšia.

7 Zoznam použitých zdrojov

- [1] LULKOVÍČOVÁ, Otília. *Zdroje tepla a domové kotolne*. Bratislava: Jaga group, 2004. ISBN 80-8076-001-2.
- [2] DUFKA, Jaroslav. *Vytápění domů a bytů*. 2., zcela přeprac. vyd. Praha: Grada, 2004. Profi. ISBN 80-247-0642-3.
- [3] TREUOVÁ, Lea. *Vytápění*. Šlapanice: ERA group, 2002. Stavíme. ISBN 80-865-1735-7.
- [4] BALÁŠ, Marek. *Kotle a výměníky tepla*. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-214-4770-7.
- [5] Stavebné a energetické poradenstvo. *Palivá* [online]. 2015 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: http://www.efilip.sk/poradenstvo/energie_vykurovanie/paliva
- [6] Wikipedie. *Koks* [online]. 2016 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Koks>
- [7] Moderní tepelná technika. *Uni Komfort* [online]. 2012 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.mujskotel.cz/uni-komfort/kotle-uni-komfort-uni-komfort-plus>
- [8] Inforse. *Biomasa* [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.inforse.org/europe/fae/OEZ/biomasa/biomasa.html>
- [9] Tzbinfo. ING. NOVÁK, Jan. *Výhřevnosti paliv* [online]. 2017 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/11-vyhrevnosti-paliv>
- [10] Senisa záhradkárske potreby. *Brikety - EkoBrik Roll 10 kg* [online]. 2012 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://shop.senisa.sk/briketyekobrikroll10kg/produkt/289/65>
- [11] Etaenergy. *Biomasa* [online]. 2017 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.etaenergy.eu/sk/biomasa/>
- [12] Petroleum. *Topné oleje* [online]. 2017 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.petroleum.cz/vyrobky/topne-oleje.aspx>
- [13] Per-oil značkové oleje. *Výroba základových olejů* [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: https://www.znackoveoleje.cz/Vyroba-zakladovych-oleju-a5_9.htm
- [14] Wikipedie. *Zemní plyn* [online]. 2017 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Zemní_plyn
- [15] 2KEnergy. *Jak funguje kondenzační kotel?* [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <https://www.2kenergy.cz/novinky/jak-funguje-kondenzacni-kotel-9.html>
- [16] Topenivodaplyn. *Elektrokotel Protherm Ray 9 K* [online]. 2012 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.topenivodaplyn.cz/elektrokotel-protherm-ray-9-k>

- [17] Krbylevne. *Krbová vložka UNIFLAM 700 OPTION s klapkou ref. 601-775* [online]. 2016 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.krbylevne.cz/krbova-vlozka-uniflam-700-option-s-klapkou-ref.-601-775>
- [18] Homebydlení. *Krby v proměnách času* [online]. 2017 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <https://homebydleni.cz/dum/vytapeni/krby-v-promenach-casu/>
- [19] APRO záhradné centrum. *Krbové vložky a kachle* [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.zahradne-centrum.sk/sk/krbove-vlozky-a-kachle-ponuka-kachli-dovre/>
- [20] InfoBYDLENÍ. VELFEL, Petr. *Tepelná čerpadla - princip a využití* [online]. 2017 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.infobydleni.cz/news/tepelna-cerpadla-princip-a-vyuziti/>
- [21] Stavebné a energetické poradenstvo. *Tepelné čerpadlo* [online]. 2015 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: http://www.efilip.sk/poradenstvo/energie_vykurovanie/tepelne_cerpadlo
- [22] WINTNER. *Aký typ tepelného čerpadla vybrať?* [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.wintner.sk/rady-tipy/aky-typ-tepelnego-cerpadla-vybrat/>
- [23] Tzbinfo. SUCHÁNEK, Laboutka. *Měrné tepelné ztráty objektů q* [online]. 2001 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/40-merne-tepelne-ztraty-objektu-q-w-m3>
- [24] Stavebníctvo. OLŠAVSKÝ, Peter. *Výpočet tepelného príkonu podľa STN EN 12831 – zjednodušená výpočtová metóda* [online]. 2011 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://stavebnictvo.sk/profiles/blogs/vypocet-tepelneho-prikonu>
- [25] CHMÚRNY, Ivan. *Stavebná tepelná technika: Základy tepelnej ochrany budov*. Bratislava: Slovenská technická univerzita, 2014. ISBN 978-80-227-4147-7.
- [26] ATMOS. *Kotle na pelety* [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.atmos.eu/kotle-na-pelety/>
- [27] ATMOS. *Nádrže na pelety* [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.atmos.eu/nadrze-na-pelety/>
- [28] THERMONA. *THERM 14 KD.A* [online]. 2017 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.thermona.cz/plynove-kotle/plynove-kondenzacni-kotle/pouze-pro-topeni/kotel-therm-14-kd-a>
- [29] THERMONA. *Systém odtahu* [online]. 2017 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.thermona.cz/prislusenstvi/odtahy-spalin/system-odtahu-60-100>
- [30] Protherm. *Elektrokotle Ray* [online]. 2017 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <https://www.protherm.cz/pro-nase-zakazniky/produkty/product-detail-page-325.html>

- [31] Energie123. *Aktuální (průměrná) cena 1 kWh elektřiny* [online]. 2017 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.energie123.cz/elektrina/ceny-elektricke-energie/cena-1-kwh/>
- [32] Vaillant. *Tepelné čerpadlo aroTHERM VWL* [online]. 2017 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <https://www.vaillant.cz/pro-zakazniky/produkty/tepelne-čerpadlo-arotherm-vwl-8832.html#!>
- [33] HAAS+SOHN. *Krbová kamna s výměníkem* [online]. 2016 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <https://www.haassohn-rukov.cz/cz/produkty-a-sluzby/vyrobniprogram/krbova-kamna-s-vymenikem/>
- [34] Tzbinfo. NOVÁK, Libor. *Topení kusovým dřevem je nejlevnější, ale .. (?)* [online]. 2008 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-tuhymi-palivy/4844-topeni-kusovym-drevem-je-nejlevnejsi-ale>

8 Zoznam použitých symbolov a skratiek

Symbol	Rozmer	Veličina
a	[m]	dĺžka budovy
A_e	[m ²]	plocha strechy a podlahy
A_i	[m ²]	plocha podlahy vykurovaného priestoru
A_k	[m ²]	plocha konštrukcie
b	[m]	šírka budovy
b_x	[–]	redukčný faktor
d	[deň]	počet dní vo vykurovacom období
C_J	[Kč·kg ⁻¹]	jednotková cena daného paliva
C_R	[Kč]	ročné náklady na palivo
f_{RH}	[W·m ⁻²]	faktor zakúrenia
$f_{\Delta\theta}$	[–]	teplotný korekčný faktor
H	[J·kg ⁻¹]	výhrevnosť paliva
n_{min}	[h ⁻¹]	minimálna intenzita výmeny vonkajšieho vzduchu
q_{op}	[W·m ⁻³]	merná tepelná strata obostavaného priestoru
Q_{op}	[W]	potreba tepla podľa obostavaného priestoru
U_k	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	súčiniteľ prechodu tepla stavebnou konštrukciou
v	[m]	konštrukčná výška budovy
V_i	[m ³]	objem vykurovaného priestoru na základe vnútorných rozmerov
V_{min}	[m ³ ·h ⁻¹]	minimálny objemový tok vzduchu vykurovaného priestoru z hygienických dôvodov
V_{op}	[m ³]	obostavaný priestor
ε	[–]	súčiniteľ nesúčasnosti tepelnej straty infiltráciou
η	[%]	účinnosť zdroja
Φ_T	[W]	projektovaná tepelná strata prechodom tepla
Φ_V	[W]	projektovaná tepelná strata vetraním
Φ_{HL}	[W]	celkový návrhový tepelný príkon
Φ_i	[W]	celková návrhová tepelná strata vetraním
Φ_{max}	[W]	maximálna tepelná strata

Φ_{RH}	[W]	tepelný príkon na zakúrenie vykurovaného priestoru
$\Phi_{r,vyk}$	[J]	ročná potreba energie na vykurovanie
θ_i	[°C]	vnútorná výpočtová teplota vykurovaného priestoru
θ_e	[°C]	vonkajšia výpočtová teplota
$\theta_{e,pr}$	[°C]	priemerná teplota vonkajšieho vzduchu vo vykurovacom období
HDO	[–]	hromadné diaľkové ovládanie
TČ	[–]	tepelné čerpadlo
TUV	[–]	teplá úžitková voda

9 Zoznam príloh

Príloha 1	Výpočet súčiniteľa prechodu tepla – obvodová stena
Príloha 2	Výpočet súčiniteľa prechodu tepla – plochá strecha
Príloha 3	Výpočet súčiniteľa prechodu tepla – podlaha na teréne
Príloha A-03	Pôdorys 1.NP modelového rodinného domu
Príloha A-06	Rez modelového rodinného domu
Príloha A-08	Pohľad modelového rodinného domu
Príloha A-09	Pohľad modelového rodinného domu
Príloha A-10	Pohľad modelového rodinného domu
Príloha A-11	Pohľad modelového rodinného domu