VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

PLYNOVÉ KOTLE PRO VYTÁPĚNÍ RODINNÝCH DOMŮ
DOMESTIC GAS BOILERS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR´S THESIS

AUTOR PRÁCE — JAKUB HALUZA
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — DOC. ING. JIŘÍ POSPÍŠIL, PH.D.
SUPERVISOR

BRNO 2008

Anotace

Cílem této bakalářské práce je zpracovat přehled kotlů na zemní plyn, jejich konstrukci, provedení a regulaci. Následně pak zpracovat technicko-ekonomické srovnání dále jmenovaných způsobů vytápění na konkrétním objektu.

Annotation

The aim of this bachelor thesis is to compile the summary of domestic gas boilers, their structure, performance and controls. Then to elaborate the technical-economic comparison of below named methods of heating for the concrete object.

Klíčová slova: plynový kotel, hořák, výměník tepla, vytápění, náklady

Keywords: gas boiler, gas burner, heat exchanger, heating, investment

Bibliografická citace

HALUZA, J. *Plynové kotle pro vytápění rodinných domů.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 33 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. o právech souvisejících s právem autorským).

V Praci, dne 14.května 2008 ……

Jakub Haluza

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu svojí bakalářské práce doc. Ing. Jiřímu Pospíšilovi, Ph.D. , za připomínky a rady při zpracování mojí bakalářské práce. Dále pak svému otci Ing. Jaroslavu Haluzovi, za pomoc a poskytnutí materiálů při tvorbě této práce.

OBSAH 5

1. ÚVOD 7

1.1 Historie plynárenství 7

1.2 Současnost plynárenství 7

1.2.1 Struktura plynárenství v ČR 8

1.3 Budoucnost plynárenství 8

2. ROZDĚLENÍ PLYNOVÝCH KOTLŮ PRO DOMÁCNOST 9

2.1 Popis základních částí plynového teplovodního kotle bez kondenzace 11

2.2 Popis základních částí plynového teplovodního kondenzačního kotle 15

2.3 Způsoby zapalování plynových kotlů a kontrola hoření 16

2.4 Způsoby odtahu spalin z plynového kotle 16

3. ZPŮSOBY REGULACE PLYNOVÝCH KOTLŮ 17

4. TECHNICKO - EKONOMICKÉ SROVNÁNÍ UŽITÍ KONDENZAČNÍHO KOTLE NA ZP, STANDARDNÍHO KOTLE NA ZP, ELEKTROKOTLE A KOTLE NA TUHÁ PALIVA NA KONKRÉTNÍM OBJEKTU. 20

4.1 Zvolený objekt 20

4.2 Vytápění objektu 22

4.3 Tepelné ztráty objektu 22

4.4 Návrh otopných těles 22

4.5 Potřeba tepla pro vytápění 23

4.6 Roční náklady na vytápění 24

4.6.1 Náklady na vytápění zemním plynem pro kondenzační kotel 24

4.6.2 Náklady na vytápění zemním plynem pro kotel bez kondenzace 24

4.6.3 Náklady na vytápění pevnými palivy 25

4.6.4 Náklady na vytápění elektrickým akublokem 25

4.7 Porovnání nákladů na vytápění 25

4.8 Ekonomická návratnost kondenzačního kotle 26

5. POROVNÁNÍ REÁLNÝCH A VYPOČTENÝCH HODNOT 27

5.1 Pevná paliva 27

5.2 Elektrická energie 27

5.3 Zemní plyn 27

6. PRAKTICKÉ ZKUŠENOSTI S RŮZNÝMI DRUHY VYTÁPĚNÍ 28

6.1 Kotel na tuhá paliva 28

6.2 Elektrokotel s akumulací do vody 28

6.3 Plynový kondenzační kotel THERMONA Therm 28 KD 29

7. ZÁVĚR 29

POUŽITÉ ZDROJE 30

POUŽITÉ ZKRATKY A SYMBOLY 31

SEZNAM PŘÍLOH 32

1. Úvod

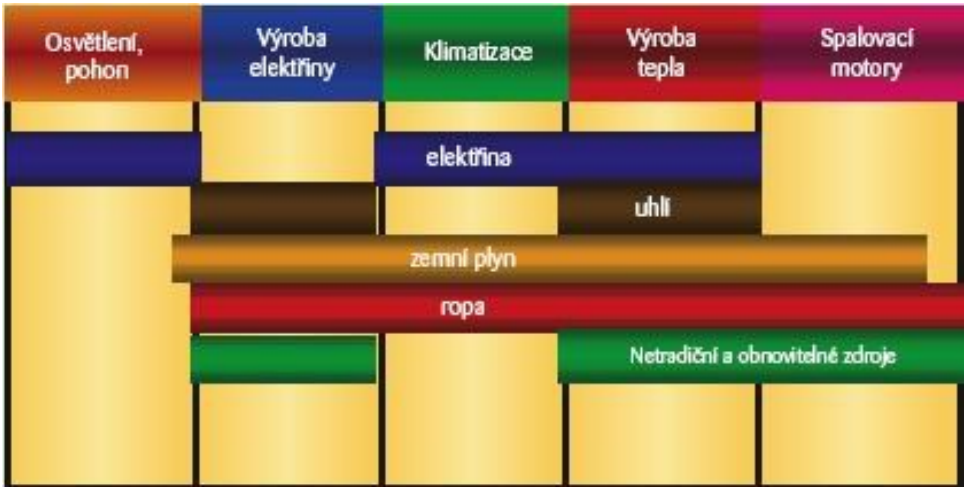
Plynové kotle jsou stále aktuálním tématem. Jejich konstrukce i montáž jsou opravdu jednoduché a pohodlné, vhodné do novostaveb, rekonstrukcí i jako alternativní doplnění již stávajícího způsobu vytápění. Spalování zemního plynu v kombinaci s moderní technologií umožnilo vysokou účinnost těchto zařízení a zároveň šetrnost k životnímu prostředí. Díky tomu jsou plynové kotle mezi zákazníky oblíbené a často vyhledávané.
V mojí bakalářské práci bych rád vytvořil přehled plynových kotlů pro vytápění rodinných domů, popsal jejich konstrukci, možnosti regulace a následnou aplikaci na rodinný dům, při které bych srovnal užití klasického plynového kotle, kondenzačního plynového kotle, kotle na tuhá paliva a elektrokotle. Budu vycházet z výpočtů i konkrétních měření spotřeby a zpracuji ekonomický přehled jednotlivých druhů vytápění.

1.1 Historie plynárenství

Využití plynu v energetice nemá příliš dlouhou historii. Jakožto první využití plynu v energetice je považováno rozsvícení lamp plynového osvětlení na Westminsterském mostě v Londýně, které se uskutečnilo 31.12.1813. Tenkrát se využíval svítiplyn, který se vyrábí z uhlí nebo kapalných uhlovodíků. Je to považováno za první etapu světového plynárenství, která trvala až do druhé poloviny dvacátého století. U nás má plynárenství již 159 letou tradici. Díky plynárenství došlo také k rozvoji automobilismu, na jeho počátku stála vozidla poháněná plynovými motory. Dnes je odběratelům distribuován výhradně zemní plyn.

1.2 Současnost plynárenství

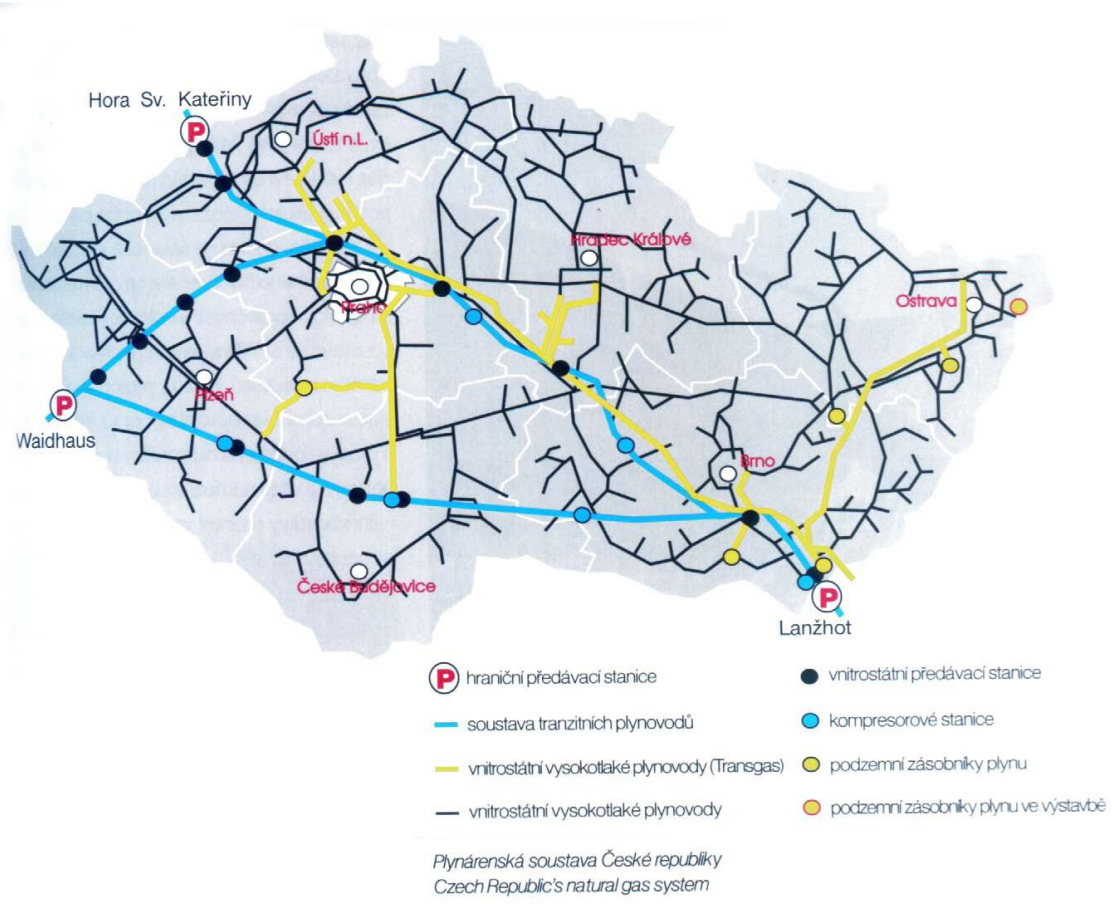
V dnešní době má zemní plyn mnohá využití. Je skoro tak univerzální jako ropa a zároveň šetrnější k životnímu prostředí.



Obr. 1.1 Graf využití energetických zdrojů [1]

V České republice nejsou významná naleziště zemního plynu, nevytěží se zde ani 1% tuzemské roční spotřeby zemního plynu. Proto většinu zemního plynu dovážíme z Norska a Ruska. Současná spotřeba zemního plynu u nás je okolo 10 miliard m^3 ročně, naše kontrakty však umožňují zvýšit odběr až na 12 miliard m^3 za rok.

1.2.1 Struktura plynárenství v ČR



Obr. 1.2 Struktura plynárenství v ČR [1]

Z mapy struktury plynárenství v ČR a geografické polohy našeho státu je patrné, že naše země je důležitým tranzitním spojem pro přísun plynu (i ropy) do západní Evropy.

1.3 Budoucnost plynárenství

Zemní plyn je stále oblíbenějším fosilním palivem. Snadno se těží a transportuje a přitom je šetrnější k životnímu prostředí než ropná paliva. Díky tomu se stále více využívá ve všech průmyslových odvětvích, včetně automobilového průmyslu, kde se využívá jako alternativní palivo CNG (compressed natural gas), zvláště při stále ubývajících světových zásobách ropy. Další možné využití je v palivových článcích, které přímo vyrábí elektřinu. Světové zásoby zemního plynu vystačí zhruba na 200 let. Zatím stále ještě platí, že roční přírůstek nově objevovaných zásob je vyšší, než globální nárůst jeho spotřeby.

2. Rozdělení plynových teplovodních kotlů pro domácnost

Plynové kotle můžeme dělit dle mnoha hledisek. Záleží na kritériu, které je pro nás nejdůležitější.

a) podle konstrukce kotle

   1) stacionární
   2) nástěnné

b) podle využití odpadního tepla

   1) bez kondenzace
   2) kondenzační kotle

c) podle využití tepla kotle

   1) pro vytápění
   2) s průtokovým ohřevem TUV
   3) s připojením na zásobník TUV

d) podle použitého hořáku (dle systému odvodu spalin)

   1) atmosférický hořák (spaliny jdou do komína)
   2) přetlakový hořák (systém TURBO)

e) dále dle výrobci určených parametrů (materiály spalovacích komor a výměníků tepla)

ad a) dělení podle konstrukce kotle

V dnešní době se plynové kotle často používají jako doplnění už stávajícího způsobu vytápění. Ne každý zákazník při projekci rodinného domu počítal s umístěním plynového kotle, proto se stává důležitým parametrem kotlů jejich velikost a možnost umístění. V tomto případě jsou ve velké výhodě nástěnné kotle, které jsou velice kompaktní a díky tomu se dají v interiéru domu velice snadno umístit. Stacionární kotle se používají především v případě, že tento způsob vytápění bude dominantní a většinou se kombinují i se zásobníkem TUV. Toto uspořádání nazýváme Tepelná centrála. Stacionární kotle většinou bývají využívány pro vyšší výkony (nad 15 kW)

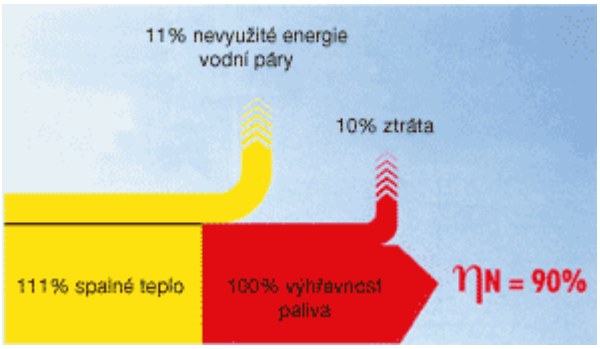
ad b) dělení podle využití odpadního tepla

Princip kondenzační techniky
Tento princip je znám již více než 100 let, ale teprve v nedávné době se začal využívat, z důvodů celosvětové snahy o zvýšení využití zdrojů a tím snížení nákladů na vytápění. Oproti standardním kotlům je kondenzační kotel schopen ušetřit až 17% paliva a oproti zastaralým plynovým kotlům až 33% paliva. Kondenzační kotle dokázaly také snížit emise škodlivin NO_x a CO odcházejících ve spalinách až o 70% při zachování stejné tepelné pohody.

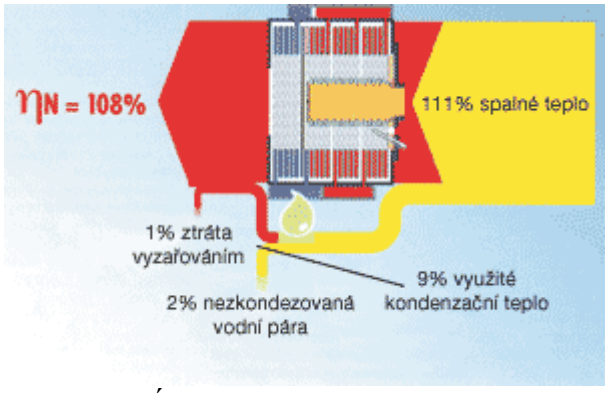
Kondenzační kotle využívají energii vodní páry, která vzniká při spalování uhlovodíků. U standardních kotlů se této energie nevyužívá a tudíž nám 11% energie letí zbytečně do komína. Při kondenzaci tuto energii využijeme tak, že spaliny ochladíme až pod teplotu rosného bodu spalin v tepelném výměníku a tím toto teplo zužitkujeme.
V minulosti se pro výpočty účinnosti plynových kotlů používala výhradně výhřevnost paliva jako maximálně využitelná energie v palivu. Energii v palivu dále charakterizuje veličina známá jako spalné teplo, které v sobě obsahuje energii vodní páry obsažené ve spalinách, kterou právě můžeme kondenzací zužitkovat. Proto při kondenzaci překračujeme pomyslnou hranici 100% účinnosti.

spalné teplo = výhřevnost + kondenzační teplo

Kondenzační techniky nejlépe využijeme při nižších teplotách. Při provozu kotle při teplotách 80/60˚C (teplota vody vycházející z kotle / teplota vody vracející se do kotle) je účinnost kotle 98%. Je to sice více, než 92% při využití kotle bez kondenzace, ale není to konečné. Pokud totiž snížíme teplotu topného systému na 50/30˚C, uplatníme kondenzační režim ještě lépe a účinnost kotle se nám zvýší až na 106%, což už je podstatný rozdíl oproti kotli bez kondenzace. Nejlepší využití tohoto systému je u podlahového vytápění, kde se tento systém výborně osvědčuje, není to však podmínkou.



Obr. 2.1 Účinnost kotle bez kondenzace [2]



Obr. 2.2 Účinnost kondenzačního kotle [2]

ad c) dělení podle využití tepla kotle

Na trhu s plynovými kotli se všichni výrobci snaží vyjít maximálně vstříc potřebám zákazníků, a tak se objevuje mnoho variant kotlů, které by měly tyto potřeby úplně pokrýt. Varianta pouze pro vytápění se hodí například do domů, které již mají instalovaný jiný způsob ohřevu TUV. Kotle s průtokovým ohřevem a se zásobníkem TUV jsou vhodné například při rekonstrukci topného systému, nebo při projekci topného systému v novostavbě.

ad d) dělení podle použitého hořáku (dle systému odvodu spalin)

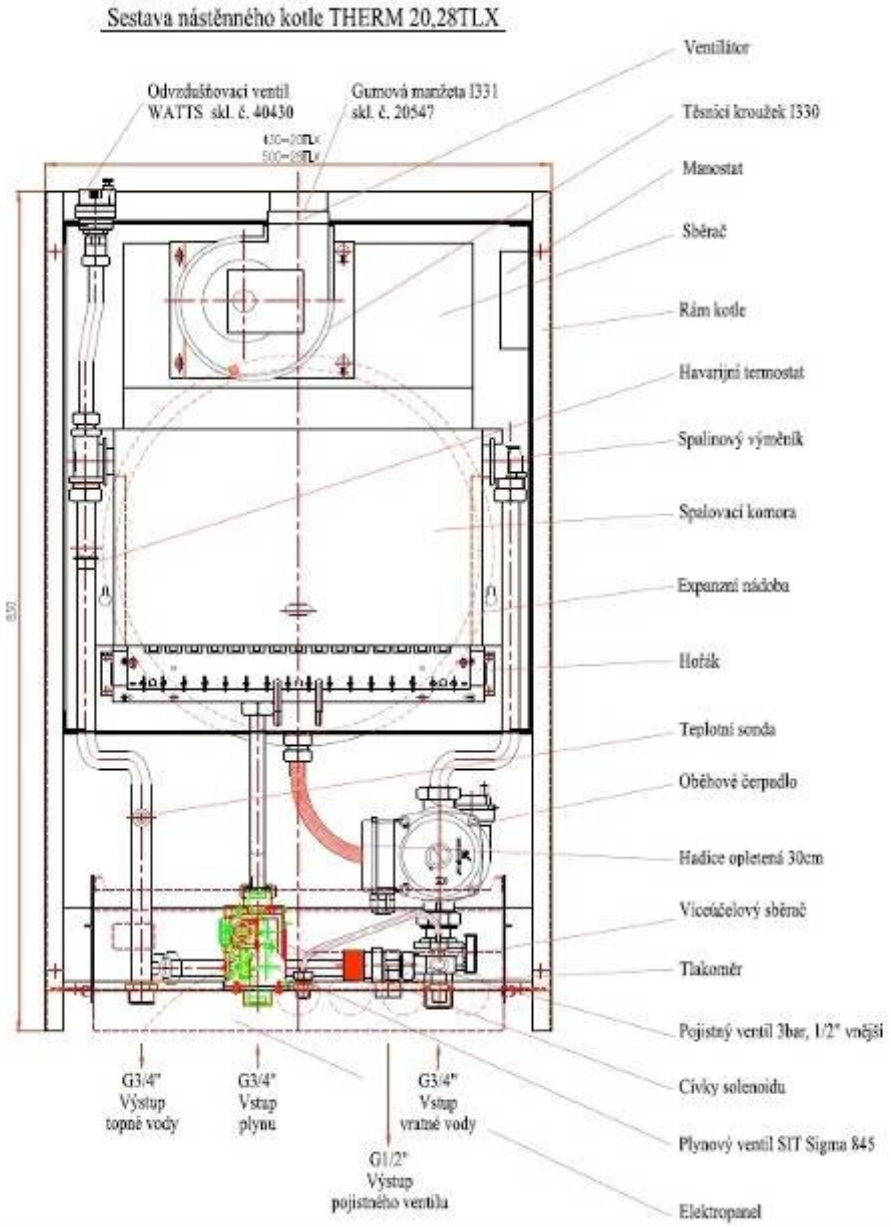
Atmosférický hořák – využívá se při odtahu spalin do komína. Spalovací vzduch je přiváděn buď zvlášť, nebo se nasává přímo z místa (místnosti), kde je kotel umístěn. Dnešní konstrukce těchto hořáků umožňuje nízké emise NOx na výstupu z kotle, proto se jim říká Low-Nox hořáky. Při použití odtahu spalin do komína nesmí být na tento komín napojeno žádné další zařízení.

Přetlakový hořák – tento způsob je vhodný a oblíbený při dodatečné montáži kotle k již stávajícímu způsobu vytápění, kdy máme komín již využitý například pro kotel na tuhá paliva. Výhodou je, že odtah spalin se realizuje pomocí plastových armatur k tomu určených, například přes obvodovou zeď ven z domu. Pro použití těchto armatur výrobce uvádí rozměrové omezení a geometrické požadavky na montáž. Ke spalovací komoře je připojen ventilátor, který vytváří podtlak a tím zajišťuje odtah spalin.

ad e) další rozdělení dle parametrů výrobců

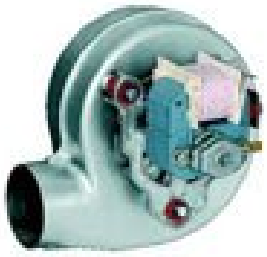
Další dělení můžeme provést pomocí speciálních, pro zákazníky důležitých parametrů, jako jsou například materiály tepelných výměníků a různých speciálních systémů, které používají různí výrobci pro zlepšení základních i doplňkových funkcí kotle.

2.1 Popis základních částí plynového teplovodního kotle bez kondenzace



Obr. 2.3 Schématické zobrazení plynového kotle bez kondenzace [2]

Ze schématu vidíme, že se jedná o velice kompaktní řešení nástěnného kotle v provedení TURBO. Ventilátor „TURBA“ vidíme na následujícím obrázku.



Obr2.4 Ventilátor odtahu spalin [3]



Obr2.4 Oblast ventilátor odtahu spalin [4]

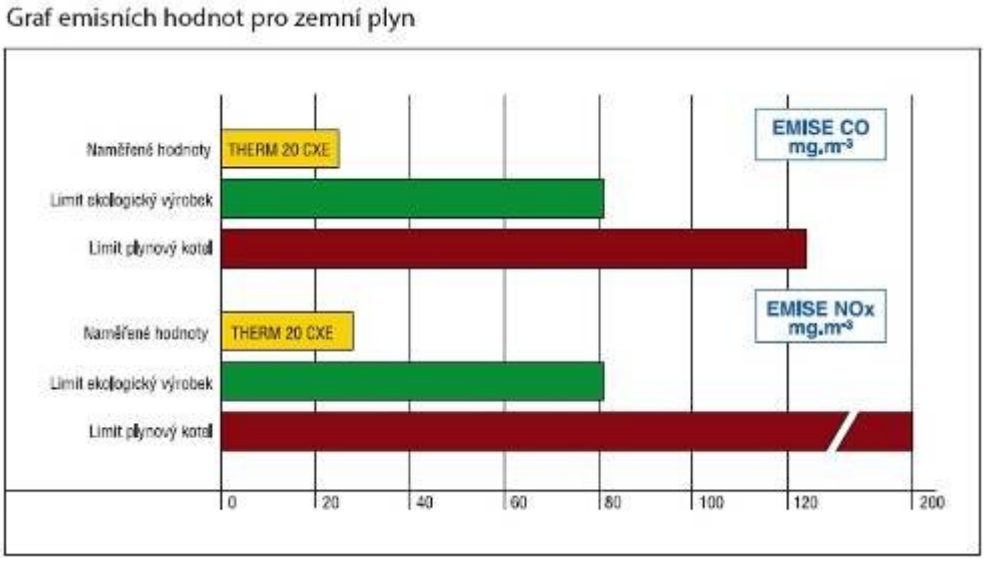
Tento kotel je vybaven přetlakovým nízkonoxovým hořákem, o čemž svědčí ventilátor v horní části kotle.



Obr. 2.5 Dvanáctilamelový nízkonoxový přetlakový hořák [2]



Obr2.6 Hořák kondenzačního plynového kotle [5]



Obr. 2.7 Hodnoty CO a NO_x hořáků kotlů Thermona [2]

Uprostřed kotle na pravé straně je umístěna expanzní nádoba, dimenzovaná podle výkonu kotle.



Typ kotle	Objem exp. nádoby
Řada 14 kW	7 litrů
Řada 20 kW	8 litrů
Řada 28 kW	10 litrů

Tab. 2.1 Objemy expanzních nádob

Obr. 2.8 Expanzní nádoba [2]

Místo spalinového termostatu je zde zabudován manostat, který kontroluje funkci ventilátoru a hlídá průchodnost odkouření.



Obr. 2.9 Manostat [2]



Plynová armatura je napojena na mikroprocesorovou jednotku a zapalovací automatiku. Umožňuje plynule regulovat výkon hořáku, zároveň je však důležitým bezpečnostním prvkem, uzavírající přívod plynu při nepředvídatelných událostech.

Obr. 2.10 Plynová armatura [2]

Dalšími důležitými bezpečnostními prvky jsou spalinový a havarijní termostat. Hlídají únik spalin a také možnost přehřátí kotle, případně kotel vypnou.



Obr. 2.11 Termostat [2]



Oběh otopné vody v systému zajišťuje oběhové čerpadlo, umístěné v dolní části kotle. Dnešní čerpadla mají tichý až nenápadný chod, nízký příkon, regulovatelný výkon a dlouhou životnost

Obr. 2.12 Oběhové čerpadlo [2]

Tepelné výměníky jsou velice důležitou částí kotlů, kde se předává energie spalovaného plynu otopné vodě, která se v něm ohřívá. Každý výrobce se snaží navrhnout a optimalizovat výměník pro co největší zužitkování energie spalování. Proto se každý výrobce snaží jako svoje know-how navrhnout komplet hořáku a výměníku s co nejvyšší účinností, tj. co nejlépe usnadnit přenos tepla z hořáku do výměníku.



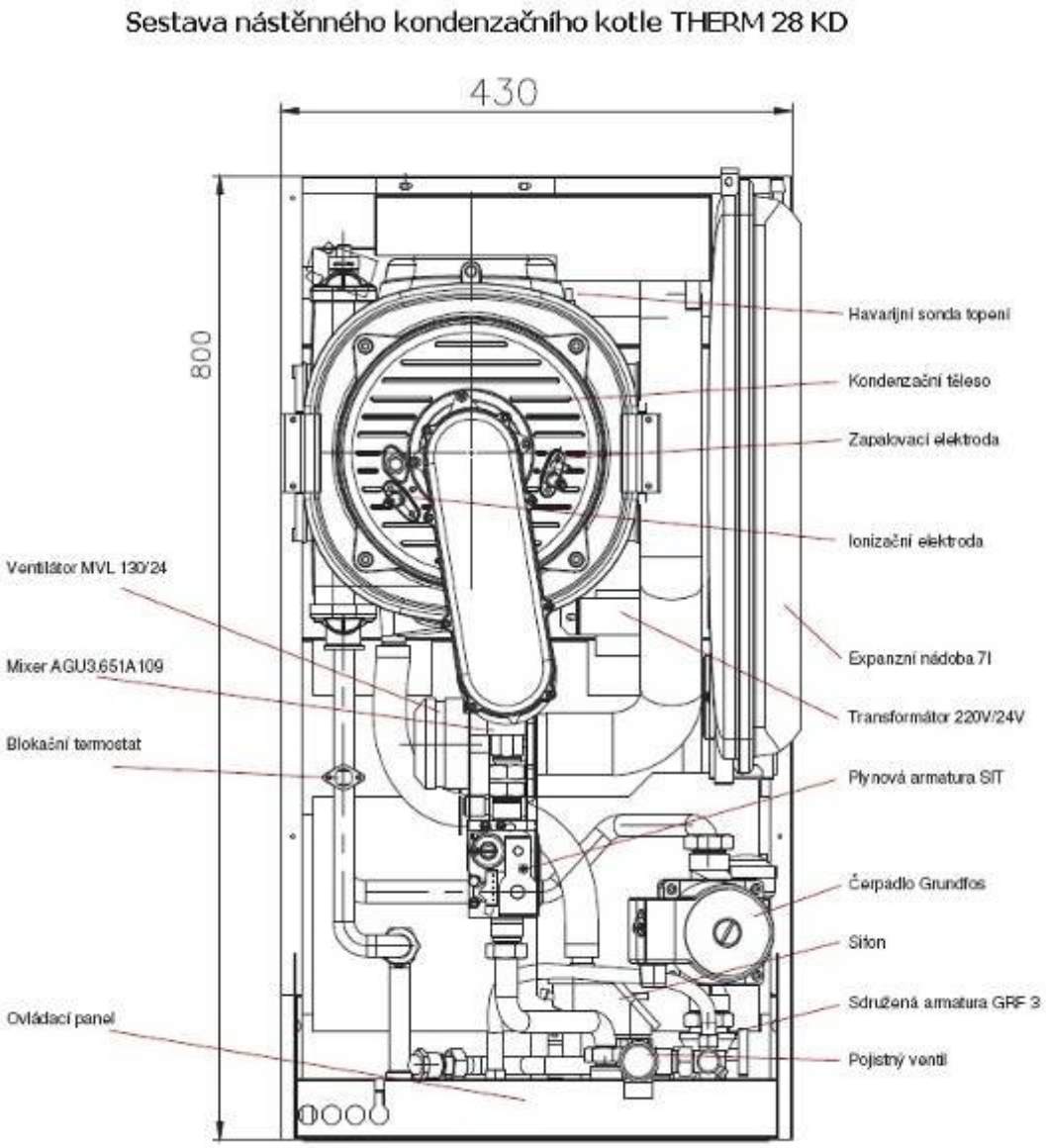


Obr. 2.13 Znázornění oblasti hořáku a výměníku [6] *Obr. 2.14 Litinový tepelný výměník [7]*



Obr. 2.15 Deskový nerezový výměník [7]

2.2 Popis základních částí plynového teplovodního kondenzačního kotle



Obr. 2.16 Schématické zobrazení plynového kondenzačního kotle [2]

Z obrázku vidíme jasné odlišnosti oproti konstrukci kotle bez kondenzace. Ventilátor, který je nyní umístěn pod spalovací komorou, nám napovídá, že je zde opět použitý přetlakový hořák. Největší rozdíl je však v konstrukci tepelného výměníku, který využívá princip kondenzační techniky popsaný výše. Proto mají kondenzační kotle vyšší účinnost a nižší spotřebu paliva, než kotle bez kondenzace.



Obr. 2.17,18 Plynový kondenzační kotel [2]

Výměníky kondenzačních kotlů



Obr. 2.19 Bimetalový výměník [8]



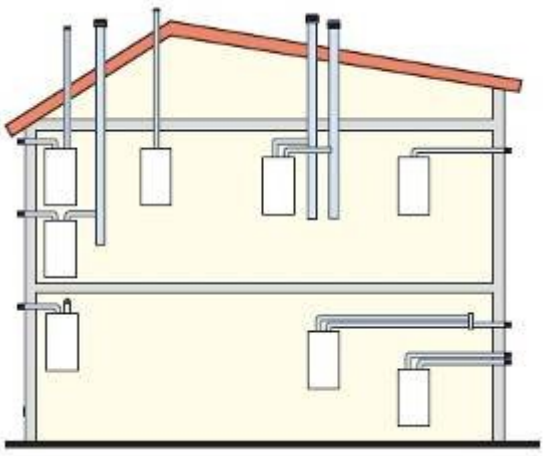
Obr. 2.20 Nerezový výměník [5]

2.3 Způsoby zapalování plynových kotlů a kontrola hoření

Způsoby zapalování plynových kotlů procházely vývojem stejně jako kotle. Dnes se nejčastěji používá systém zapálení směsi elektrickou jiskrou vycházející ze startovací elektrody, podobně jako u zážehových motorů. Pro kontrolu plamene a také jako ochrana proti úniku plynu se používá ionizační elektroda, která se nachází ve spalovací komoře poblíž startovací elektrody, nebo termočlánek zjišťující teplotu.
Dříve často používaný systém se nazývá „věčný plamínek“. Jedná se o systém, kde je použit malý hořák, který je stále zapálen a do kterého proudí malé množství plynu, jehož spotřeba je oproti spotřebě při zapnutém kotli zanedbatelná. Pokud se stalo, že plamínek zhasnul, bylo jej potřeba znovu zapálit buď plamenem nebo elektrickou jiskrou vyvolanou piezoelektrickým krystalem, který je součástí hořáku věčného plamínku.

2.4 Způsoby odtahu spalin z plynového kotle

V současné době jsou dispozici dvě varianty odtahu spalin z kotle. Buď napojení kotle přímo na komín, což se používá u atmosférického hořáku, nebo systém TURBO, používaný u přetlakového hořáku, který umožňuje pohodlnou instalaci téměř kdekoli s odtahem spalin pomocí plastových trubek přes obvodovou zeď domu. Variace umístění kotle můžeme vidět na následujícím obrázku.



Obr. 2.21 Možnosti odtahu spalin střechou nebo přes obvodové zdi systémem TURBO [2]

3. Způsoby regulace plynových kotlů

K dosažení nízké spotřeby tepla na vytápění významně přispívá i dobrá regulace teploty v domě. Zásadou je dodávat do každé místnosti tolik tepla, kolik je třeba a jen v čase, kdy je to třeba. Například v nočních hodinách stačí místnosti vytápět na 17 až 18°C, ráno je třeba teplotu zvýšit na 20 až 22°C. Podobně je to přes den, když jsou obyvatelé domu pryč. Odpoledne je nutno teplotu opět zvýšit. Pokud svítí slunce, místnosti s jižními okny získávají ze slunečního záření tolik tepla, že je nutno přestat v nich topit. Podobně je to v místnostech, kde se používají elektrické spotřebiče produkující teplo, nebo kde pobývá více lidí. Pokud odjedeme na zimní dovolenou, stačí dům temperovat na poměrně nízkou teplotu a den před příjezdem jej vyhřát.
Znamená to tedy, že v topné soustavě musí být nějaké regulační prvky, které zajistí, že topné zařízení má vždy takový výkon, jaký dům zrovna potřebuje. Dále zajistí, že teplota v místnostech je taková, jakou v dané chvíli potřebujeme, bez ohledu na měnící se podmínky (oslunění a podobně).

Regulace otopné soustavy se dá rozdělit na několik podskupin:

1) regulace na kotli

   I) pevné nastavení teploty otopné vody
   II) ekvitermní regulace

2) regulace mimo kotel

   I) regulace pomocí termostatu v referenční místnosti
   II) regulace termoventily
   III) speciální způsoby regulace

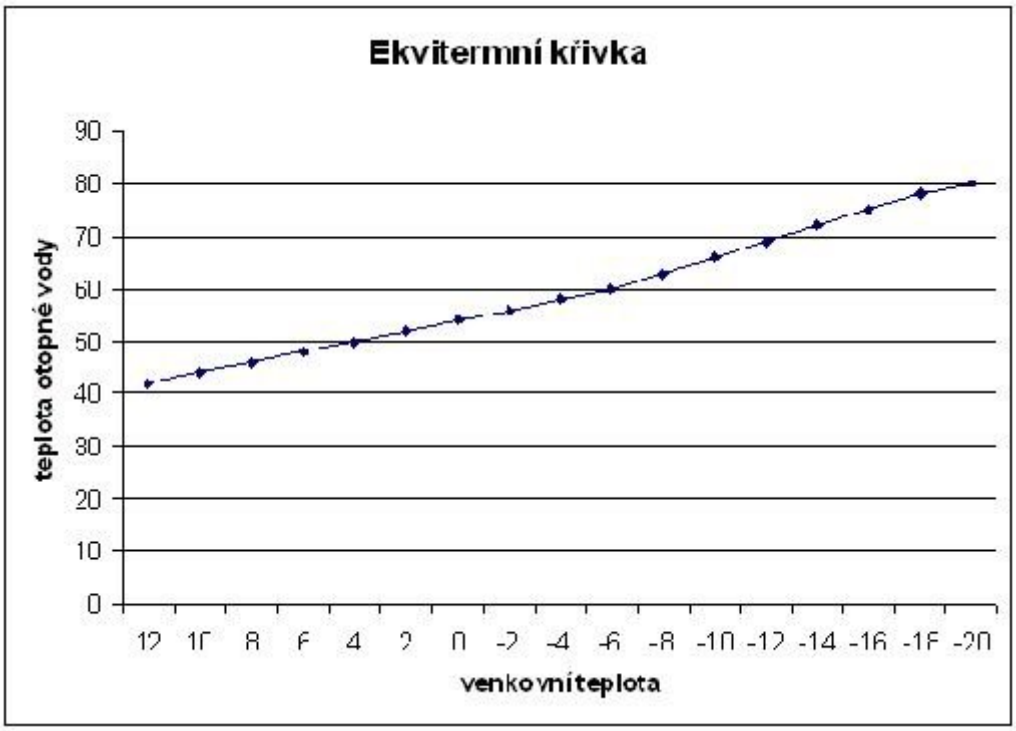
1/I) **Pevné nastavení teploty otopné vody**

K regulaci výkonu plynového kotle se dá použít jednoduchý termostat, který kotel zapíná a vypíná v závislosti na teplotě otopné vody. Pokud totiž poklesne spotřeba tepla v místnostech, projeví se to růstem teploty otopné vody. Existují pochopitelně i složitější systémy, které mohou měnit výkon kotle po určitých stupních nebo více méně plynule.

1/II) **Ekvitermní regulace**

Princip činnosti:
regulátory obecně regulují (snižují) výkon tak, že snižují teplotu otopné vody a tím také výkon topné soustavy. Hlavní snahou regulátorů je najít rovnováhu mezi dodávaným výkonem a tepelnou ztrátou objektu, tj. snaží se najít optimální teplotu otopné vody. Prostorová teplota je potom důsledkem cirkulující teploty otopné vody. Protože tepelná ztráta objektu není zatím měřitelná veličina, musí se nahradit jinou veličinou. Pokud ji nahradíme venkovní teplotou, na které je závislá, mluvíme o regulátoru s ekvitermním řízením.

Tepelné ztráty domu závisejí na venkovní teplotě a při dané ploše otopných těles tedy existuje pro každou venkovní teplotu teplota otopné vody, která právě zajistí požadovanou teplotu v místnostech. Tato závislost se nazývá ekvitermní křivka.



Obr. 3.1 Příklad ekvitermní křivky pro určitý topný systém

Ekvitermní regulace nastavuje teplotu otopné vody podle venkovní teploty; používá se elektricky ovládaný směšovací ventil, který snižuje teplotu otopné vody vystupující z kotle tím, že k ní přimíchává ochlazenou vodu, která se z otopných těles vrací do kotle. Otopná voda tak má v každém okamžiku teplotu, zajišťující výkon otopných těles potřebný na krytí tepelných ztrát. Při nižší venkovní teplotě je do oběhu hnána voda teplejší; pokud je venku tepleji, teplota otopné vody klesá. Tím se plynule mění výkon otopné soustavy v závislosti na venkovní teplotě.

Teplota otopné vody v okruhu vytápění tak může být nižší než teplota vody v okruhu kotle. To je velmi nežádoucí, protože chladná otopná voda, která se vrací z topného systému, může ochladit kotel pod teplotu kondenzace spalin (kolem 60°C). Na tepelném výměníku pak částečně kondenzují spaliny, vzniklý kondenzát je velmi agresivní a rychle snižuje životnost kotle (platí zejména pro spalování tuhých paliv v ocelových kotlích). Tomuto nebezpečí se předchází směšovacím ventilem, který do kotle pouští jen vodu o dostatečně vysoké teplotě.

Výjimkou jsou kondenzační plynové kotle, u nichž je kondenzace naopak žádoucí, protože zvyšuje účinnost. Tyto kotle tedy nejlépe spolupracují s nízkoteplotními vytápěcími systémy.

Výhodou ekvitermní regulace je, že stačí jeden regulátor pro celý dům. Nevýhodou je, že neumožňuje zohlednit různé tepelné zisky nebo ztráty v jednotlivých místnostech. Proto se nepoužívá samostatně, ale kombinuje se např. s termostatickými ventily.

2/I) **Regulace pomocí termostatu v referenční místnosti**



Tento způsob regulace je vhodný při dodatečné montáži plynového kotle k již stávajícímu způsobu vytápění. Jeho hlavní výhodou je velice jednoduchá instalace. Vhodným řešením je bezdrátová jednotka, která se umístí do referenční místnosti, kde udržuje nastavenou teplotu a vysílá signály přijímači, který spouští a odstavuje kotel. Jako zpětná vazba se nám na displeji v referenční místnosti ukazuje činnost kotle a případné poruchy. Tyto jednotky lze programovat pro různé dny dle potřeb uživatele, případně operativně zvyšovat či snižovat teplotu spínání termostatu.

Obr. 3.2 Bezdrátový pokojový termostat [2]

2/II) **Regulace termoventily**

Termostatické radiátorové ventily jsou všeobecně považovány za základní složku efektivní regulace vytápění. Tím, že automaticky reagují na změnu teplotních podmínek v místnosti, zvyšují nejen kvalitu našeho bydlení, ale také úsporu energie, čímž snižují naše náklady na vytápění.

Termoventil má dvě části – těleso ventilu a termostatickou hlavici s čidlem s kapalinovou nebo paroplynovou náplní, která zajišťuje automatickou regulaci průtoku vody podle nastavené teploty v místnosti. Teplotu lze nastavovat v rozmezí 15–30°C.

Čidlo termoventilu zajišťuje automatickou kontrolu teploty v místnosti podle nastavené hodnoty. Výhodou je, že reaguje na klimatické změny i na vnitřní tepelné zisky (např. teplo vyprodukované spotřebiči elektrické energie), čímž v bytě zamezuje přetápění nebo nedotápění. Ventil tak snižuje nebo zvyšuje průtok do otopného tělesa v závislosti na vzrůstu nebo poklesu teploty a udržuje teplotu stále ve stanoveném rozmezí s přesností 1°C. Přesněji dokáží pracovat termostatické ventily s čidlem mimo hlavici, umístěným na vhodném místě v místnosti.

Použití termoventilů ovšem není možné v referenční místnosti a také při využívání teplovzdušného vytápění nebo podlahového či stropního vytápění. Rovněž nelze termostatické ventily použít při napojení bytů na kotelny s násypnými kotly na tuhá paliva, a to z bezpečnostních důvodů.

2/III) **Speciální druhy regulace**

Mezi tyto způsoby regulace by se dalo zařadit například regulace vytápění pomocí GSM přijímače, vhodné například u rekreačních obydlí, kde si pomocí mobilního telefonu můžeme zajistit tepelnou pohodu pomocí SMS kódu, který aktivuje kotel a vytopí obydlí dle požadovaných nastavených parametrů.

4. Technicko-ekonomické srovnání užití kondenzačního kotle na ZP, standardního kotle na ZP, elektrokotle a kotle na tuhá paliva na konkrétním objektu.

V této části bakalářské práce se budu věnovat ekonomickému srovnání kondenzačního a nekondenzačního kotle na zemní plyn, elektrokotle a kotle na tuhá paliva na konkrétním objektu.

Jedná se o rodinný dům osamoceně stojící v lokalitě jižní Morava. V tomto domě je instalován elektrokotel, kotel na tuhá paliva a kondenzační kotel na zemní plyn. Do výpočtů zahrnu ještě údaje pro kotel na zemní plyn bez kondenzace. Mojí snahou bude stanovit roční náklady na vytápění jednotlivými výše uvedenými způsoby.

Vycházet budu z měření spotřeby elektrické energie, zemního plynu, výpočtů z projektových dokumentací a materiálů poskytnutých výrobci kotlů pro konkrétní rodinný dům.

4.1 Zvolený objekt

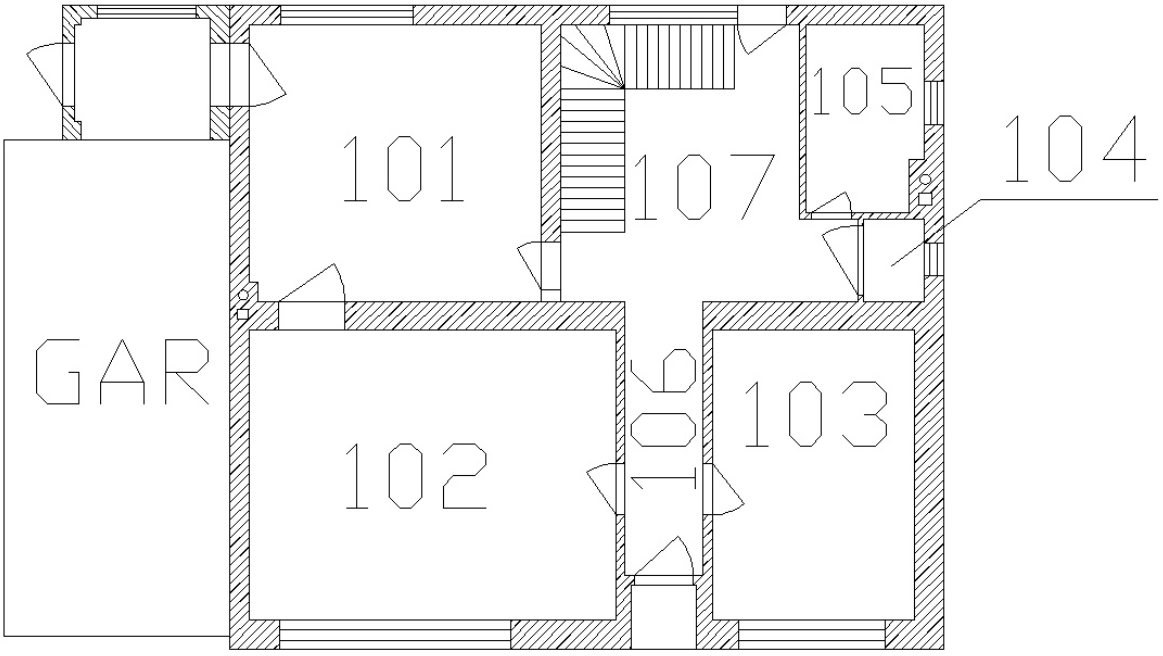




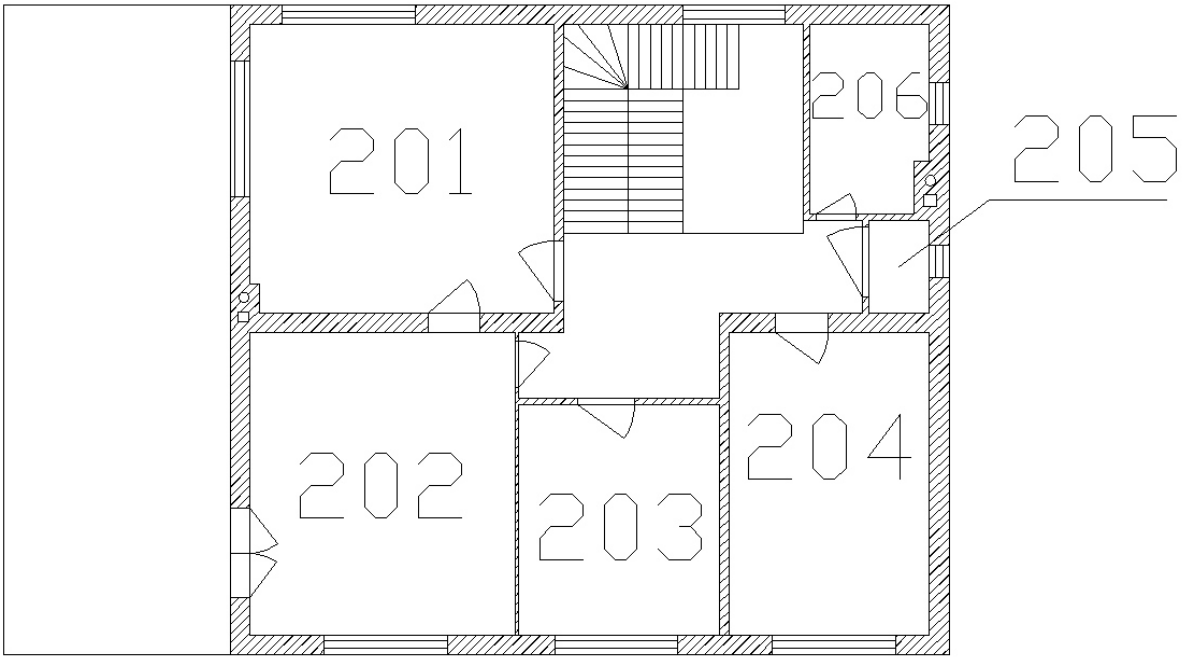
Obr. 4.1 a 4.2 Zvolený objekt

Zvolený objekt je rodinný dům osamoceně stojící, dvoupodlažní, uspořádání umožňuje dvougenerační využití domu. K domu je připojena garáž a dílna, které nejsou vytápěny. Půda také není vytápěna. Strop nad druhým podlažím je trámový, prostor mezi trámy je vyplněn speciální izolační papírovou hmotou.

Schématické znázornění objektu a místností



Obr. 4.3 Přízemí domu (GAR = garáž)



Obr. 4.4 První patro domu

4.2 Vytápění objektu

Ve vybraném objektu jsou instalovány tři druhy vytápění:
1) kotel na tuhá paliva VIADRUS HERCULES U 26 – 4 články, 16,5 kW
2) elektrokotel ELTA 25, 36 kW, výrobce Velorex Hradec Králové
3) plynový kondenzační kotel THERMONA Therm 28 KD

4.3 Tepelné ztráty objektu

Použil jsem hodnoty tepelných ztrát vypočtené podle normy ČSN 06 02 10 při dřívější instalaci elektrického vytápění.

Číslo místnosti	účel použití	plocha m^2	objem m^3	plné vytápění	tlumené vytápění	Původní vypočtené tepelné ztráty (W)	Uvažované tepelné ztráty (W)
101	kuchyně	18,90	53,4	5:00-7:00 15:00-22:00	7:00-15:00 22:00-05:00	2212	1482
102	pokoj	25,70	70,7			3403	2102
103	pokoj	13,50	37,2			2478	1589
104	záchod	0,90	2,4			206	72
105	prádelna	5,00	13,5			1066	788
106	chodba	5,40	14,9			1181	79
107	hala	16,80	109,8			2062	804
201	kuchyně	20,30	53,6			3671	2215
202	obývací pokoj	19,20	49,8			3336	2029
203	dětský pokoj	11,10	28,9			1794	1016
204	ložnice	14,50	37,9			2533	1639
205	záchod	1,00	2,7			257	119
206	koupelna	5,00	13,2			1327	979
Celkem		**157,30**	**488,00**			**25526**	**14913**

Tab. 4.1 Tepelné ztráty zvoleného objektu

Klimatická oblast: -12°C
Nadmořská výška: 227 m n. m.

4.4 Návrh otopných těles

Původní návrh otopných těles vycházel z tehdejší reálné skutečnosti, ve výpočtu byly uvažovány tepelné ztráty objektu prostupem Qp i ztráty infiltrací Qv. Vypočtená výsledná hodnota tepelných ztrát byla 25 526 W. Pro vytápění byl tehdy použit teplovodní kotel Slatina KM 22. Při přechodu na vytápění elektřinou však objekt nevyhovoval příslušné ČSN – neměl požadované tepelně-izolační vlastnosti. Proto bylo provedeno zatěsnění okenních spár dvojitým kovotěsem, který ztráty infiltrací prakticky eliminoval. Rovněž bylo provedeno zateplení trámového stropu nad druhým podlažím domu, prostor mezi trámy byl vyplněn nafoukanou speciální izolační papírovou hmotou. Těmito zásahy byla významně snížena hodnota tepelných ztrát objektu na nyní uvažovaných 14 913 W.
Později instalovaný elektrický akublok s příkonem 36 kW (8hodinové nabíjení) odpovídá průměrnému hodinovému výkonu 12 kW. Byl tedy mírně poddimenzován, výrobce Velorex

však tehdy neměl výkonnější variantu. Výkonový deficit byl patrný při dlouhodobých tuhých zimách, kdy teplota několik dní po sobě nevystupovala nad -10°C a bylo třeba přitápět kotlem na tuhá paliva. Po většinu topné sezóny však byl výkon akubloku dostatečný.
Po plynofikaci obce v roce 2006/2007 využívá stávající vytápěcí systém jako zdroje pro vytápění kondenzační plynový kotel, který je nastaven na podstatně nižší teplotu otopné vody. Dimenzování otopné soustavy umožňuje pro dosažení nejvyšší účinnosti kotle použít výhodný teplotní spád 55/45°C. Otopná tělesa jsou tedy vytápěna na nižší teplotu, mají ovšem nižší tepelný výkon, který v tomto případě je méně než poloviční oproti teplotnímu spádu 90/70°C (viz Tab. 4.2).

číslo místnosti	účel použití	Původní vypočtené tepelné ztráty (W)	Uvažované tepelné ztráty (W)	Otopné těleso	Výkon otopného tělesa (W) (90/70)	Výkon otopného tělesa (W) (55/45)
101	kuchyně	2212	1482	VIADRUS KALOR 3	2844,6	1155
102	pokoj	3403	2102	2xRadik Klasik typ 20	3968	1612
103	pokoj	2478	1589	OPP Gottwaldov OCEL	2517	1022
104	záchod	206	72	Svařenec	274	111
105	prádelna	1066	788	Svařenec	900	366
106	chodba	1181	79	Radik Klasik typ 10	1224	497
107	hala	2062	804	Radik Klasik typ 20	1984	806
201	kuchyně	3671	2215	VIADRUS KALOR 3	3620,4	1470
202	obýv. pokoj	3336	2029	VIADRUS KALOR 3	4008,3	1628
203	dětský pokoj	1794	1016	VIADRUS KALOR 3	2327,4	945
204	ložnice	2533	1639	VIADRUS KALOR 3	2715,3	1103
205	záchod	257	119	Svařenec	274	111
206	koupelna	1327	979	VIADRUS KALOR 3	1422,3	578
celkem		**25526**	**14913**		**28079,3**	**11404**

Tab. 4.2 Původní návrh otopných těles

4.5 Potřeba tepla pro vytápění

Lokalita: Brno
Venkovní výpočtová teplota t_e = -12°C
Délka topného období d = 232 dní
Průměrná teplota během otopného období t_{es} = 4,4°C

Tepelná ztráta objektu Q_c = 14,9 kW
Průměrná vnitřní výpočtová teplota t_{is} = 20°C

Vytápěcí denostupně

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 3619 \text{ K·den} \quad (1)$$

Opravné součinitele a účinnosti systému

e_j=0,85 η_o=1
e_t=0,8 η_r=0,95
e_d=1

Opravný součinitel ε

$$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0{,}68 \quad (1)$$

Potřeba tepla Q_{VYT}

$$Q_{VYT} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_C \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3{,}6 \cdot 10^{-3} = 104{,}2GJ/rok = 28{,}9MWh/rok \quad (2)$$

4.6 Roční náklady na vytápění

Výpočet ročních nákladů na vytápění jsem provedl interaktivně pomocí serveru www.tzb-info.cz , kde se nachází on-line kalkulačka pro tento výpočet, nabízející také porovnání nákladů na různé způsoby vytápění.

Přepočet spotřeby zemního plynu na objemové jednotky

$$Q_{VYT} = V_p \cdot k \cdot H_s \Rightarrow V_p = \frac{Q_{VYT}}{k \cdot H_s} = \frac{28900kWh}{1{,}0195 \cdot 10{,}5kWh/m^3} = 2699{,}736m^3 \quad (3)$$

k ... přepočtový objemový součinitel
H_s ... účtované objemové spalné teplo

Následující výpočty provedeny pro vypočtenou roční potřebu tepla 28,9 MWh

4.6.1 Náklady na vytápění zemním plynem pro kondenzační kotel

Dodavatel: Jihomoravská plynárenská, a.s.
Odběrové množství zemního plynu: 25000 – 30000 kWh
Jednotková cena odebrané energie k 1.1.2008: 0,95263 Kč/kWh
12x měsíční paušál 237,57 Kč

Celková cena odebraného zemního plynu **31 208 Kč/rok**.

4.6.2 Náklady na vytápění zemním plynem pro kotel bez kondenzace

Výše vypočtená hodnota ukazuje roční cenu vytápění zemním plynem pro kondenzační kotel s účinností 108%. Pro plynový kotel bez kondenzace s účinností 92% bude tato hodnota samozřejmě vyšší.

Dodavatel: Jihomoravská plynárenská, a.s.
Odběrové množství zemního plynu: 30000 – 35000 kWh
Jednotková cena odebrané energie k 1.1.2008: 0,95263 Kč/kWh
12x měsíční paušál 255,33 Kč

Celková cena odebraného zemního plynu: **36 353 Kč/rok**.

4.6.3 Náklady na vytápění pevnými palivy

Druh paliva (Výhřevnost)	Cena paliva (Kč/kg)	Spalovací zařízení (Průměrná účinnost v %)	Cena tepla (Kč/kWh)	Spotřeba paliva (kg/rok)	Náklady na vytápění (Kč/rok)
Dřevo (14,6 MJ/kg)	1,9	55	0,85	12 976	**24 655**
Hnědé uhlí (18 MJ/kg)	2,5	55	0,91	10 525	**26 313**
Černé uhlí (23,1 MJ/kg)	4,5	55	1,28	8 201	**36 907**
Koks (27,5 MJ/kg)	7,0	62	1,48	6 111	**42 780**

Tab. 4.3 Náklady na vytápění pevnými palivy

4.6.4 Náklady na vytápění elektrickým akublokem

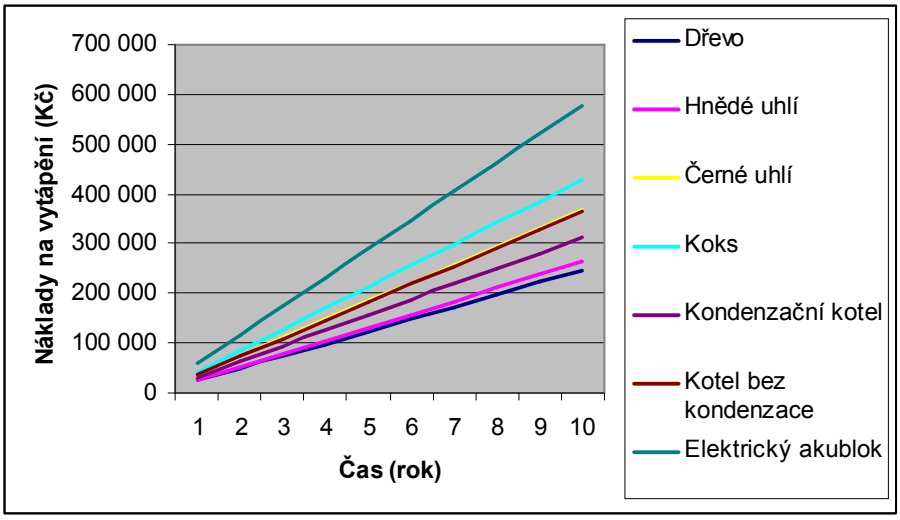
E.ON ElektřinaAku, sazby distribuce D 26d, hodnota hlavního jističe 3x80A.
Cena za nízký tarif: 1 659,05 Kč/MWh + plat za příkon 48,00 + 771,20 = 819,20 Kč/měs.
Celková cena pro roční potřebu tepla 28,9 MWh :

28,9 MWh ·1659,05 Kč/MWh + 819,20 Kč/měs. ·12 měs. = **57 777 Kč**

4.7 Porovnání nákladů na vytápění

Druh vytápění	Roční náklady na vytápění (Kč)
pevná paliva	
Dřevo	**24 655**
Hnědé uhlí	**26 313**
Černé uhlí	**36 907**
Koks	**42 780**
Plynový kotel	
Kondenzační kotel	**31 208**
Bez kondenzace	**36 353**
Elektrický akublok	
ELTA 25	**57 777**

Tab. 4.4 Roční náklady na vytápění různými druhy paliv



Graf 4.1 Náklady na vytápění v závislosti na čase

4.8 Ekonomická návratnost kondenzačního kotle

Plynový kotel bez kondenzace:

Thermona THERM 28 TLX
Výkon kotle: 13 – 28 kW
Účinnost kotle: 90%
Cena: 29 036 Kč včetně DPH

Plynový kotel kondenzační:

Thermona THERM 28 KD
Výkon kotle: 6,6 – 28 kW
Účinnost kotle: 98 - 106%
Cena: 41 055 Kč včetně DPH

Rozdíl cen kotlů:

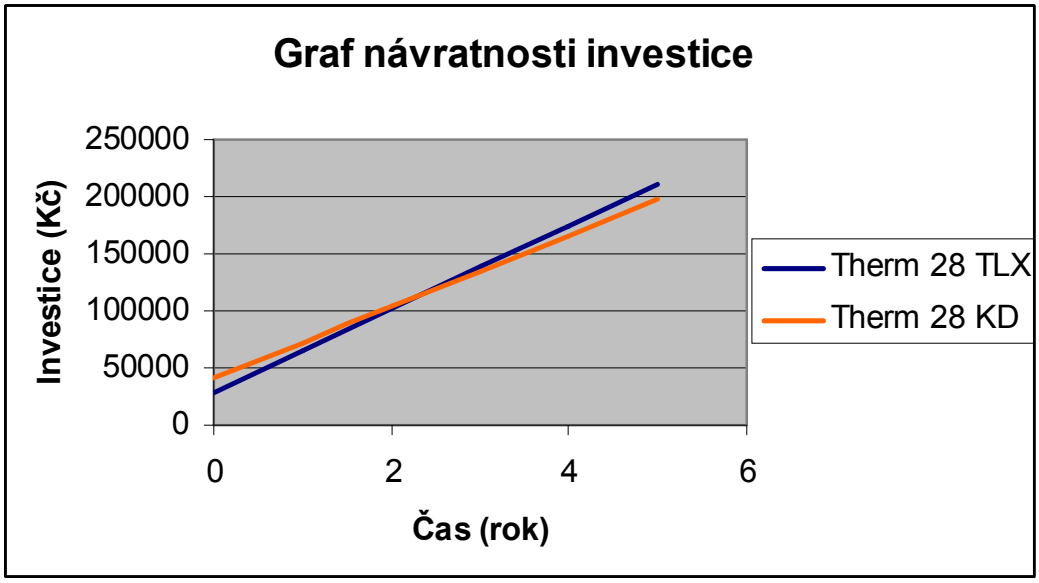
41 055 Kč – 29 036 Kč = 12 019 Kč

Rozdíl cen ročního vytápění:

36 353 Kč/rok – 31 208 Kč/rok = 5 145 Kč/rok

Návratnost investice do kondenzačního kotle:

12 019 Kč / 5 145 Kč/rok = 2,336 roku



Graf 4.2 Návratnost investice do kondenzačního kotle

5. Porovnání reálných a vypočtených hodnot

5.1 Pevná paliva

Praktická zkušenost s mnohaletým topením tuhými palivy je taková, že roční spotřeba hnědého uhlí k vytápění objektu byla vyšší než 100 q. Tato hodnota velmi dobře koresponduje s vypočtenou hodnotou dle tab. 4.3. Skutečná spotřeba kolísala jednak v závislosti na kvalitě uhlí a dále pak pochopitelně na tom, jak veliká a dlouhá zima ten který rok byla.

5.2 Elektrická energie

Tabulka v příloze udává přehled celkové noční spotřeby elektrické energie od roku 1986 až do 1.1.2008 v průměrných měsíčních hodnotách, tedy spotřeba na vytápění akubloku + ostatní noční spotřeba (především ohřev TUV). V posledním řádku tabulky je pak korigovaná roční spotřeba pouze pro topení. Čísla vykazují sestupný trend jednak v závislosti na průběžně prováděném dodatečném snižování tepelných ztrát objektu, dále pak na skutečně mírnějších zimách v poměrně nedávném období. Když vyloučíme poslední roky 2005, 2006 a 2007, kdy bylo v objektu výrazněji přitápěno tuhými palivy v novém kotlu Herkules, vykazuje období 1996 až 2004 velmi stabilní výsledek spotřeby el. energie 28 MWh ± 2 MWh, což velmi dobře koresponduje s vypočtenou roční potřebou tepla 28,9 MWh.

5.3 Zemní plyn

Spotřeba zemního plynu byla sledována od jeho instalace 15.listopadu 2007, kdy se ještě topilo dalšími dvěma zdroji. Od 1.1.2008 se pak topilo již výhradně zemním plynem. Měsíční spotřeba byla následovná:
leden 398,5 m^3 = průměrných 12,85 m^3/den = 137,6 kWh/den,
únor 296,9 m^3 = průměrných 10,24 m^3/den = 109,6 kWh/den,
březen 275,9 m^3 = průměrných 8,90 m^3/den = 95,3 kWh/den a
duben 133,5 m^3 = průměrných 4,45 m^3/den = 47,6 kWh/den.
Vzhledem k tomu, že není k dispozici reálné číslo spotřeby plynu za celý rok, nelze v tomto případě porovnat uvažovanou a skutečnou hodnotu. Co můžeme udělat, je srovnání skutečné spotřeby plynu s korigovanými průměrnými měsíčními hodnotami spotřeby el. energie za vybrané období 1996 až 2004. Pak obdržíme následující výsledek:
leden 137,6 kWh/den plyn versus 179,2 kWh/den elektřina = úspora 41,6 kWh/den,
únor 109,6 kWh/den plyn versus 150,3 kWh/den elektřina = úspora 40,7 kWh/den,
březen 95,3 kWh/den plyn versus 115,2 kWh/den elektřina = úspora 19,9 kWh/den,
duben 47,6 kWh/den plyn versus 70,2 kWh/den elektřina = úspora 22,6 kWh/den.
Tato úspora při topení plynem se jeví jako značná, ale především nemá fyzikální opodstatnění. Koresponduje však s hodnotou ztrát akubloku (do všech směrů), která se pohybuje kolem 30 kWh/den. Dále je třeba vzít v úvahu, že u vytápění elektřinou se jedná o průměrné hodnoty za několik let, kdežto u plynu jde o první výsledky za 4 měsíce. Vzhledem k nadprůměrným teplotám v lednu a únoru t.r. nelze tedy počítat s tak výraznou úsporou kolem 40 kWh/den, úspory za další dva měsíce kolem 20 kWh/den se jeví přijatelněji.

Pokud bychom se přece jen pokusili na základě nepravidelné denní spotřeby plynu v listopadu a prosinci a na základě poměrů spotřeby el. energie v jednotlivých měsících odhadnout jeho celoroční spotřebu, byl by výsledek následovný:
listopad 13 m^3/den x 30 dnů = 390 m^3
prosinec 20 m^3/den x 31 dnů = 620 m^3
říjen ½ prosincové spotřeby = 310 m^3
leden = prosinec = 620 m^3 (versus reálných 400 m^3 letos)
únor 400 m^3 (versus reálných 300 m^3 letos)
březen 300 m^3 (versus reálných 276 m^3 letos)
duben 150 m^3 (versus reálných 133,5 m^3 letos)
září cca 60 m^3
dává v součtu 2 850 m^3 za rok, což odpovídá 30,5 MWh/rok versus vypočtených 28,9 MWh. Drobnou korekcí odhadů spotřeby plynu v jednotlivých měsících směrem dolů by bylo lze dosáhnout přesně vypočtené hodnoty.

Ještě dvě zajímavá čísla z provozu kondenzačního kotle: při ukončení topné sezóny dne 8.5.2008 bylo spotřebováno celkem 1 598,363 m^3 plynu. Kotel byl v provozu 991,09 hodin, což odpovídá spotřebě 1,613 m^3/hod., kotel tedy pracoval s průměrným výkonem 17,27 kW.

6. Praktické zkušenosti s různými druhy vytápění

6.1 Kotel na tuhá paliva

Původní zmíněný kotel Slatina KM 22 s ocelovou trubkovnicí byl před čtyřmi lety (po více jak 25 letém provozu) nahrazen litinovým kotlem VIADRUS HERCULES U 26. Vzhledem k tomu, že po většinu topné sezóny stačí kotel provozovat při snížené teplotě otopné vody (cca 50-60°C), je litina výhodnějším materiálem kvůli případné korozi článků. Účinnost kotle ovšem při tomto způsobu provozu výrazně klesá a tím se provoz prodražuje. Obecně lze pak říci, že primární nevýhodou těchto kotlů je nutnost jejich obsluhy a dohledu nad jejich provozem, i když jistý nízký stupeň automatizace je i zde možný. Dále zde přistupuje nutnost manipulace s uhlím, což s sebou přináší další nevýhody (prašnost atd.).

6.2 Elektrokotel s akumulací do vody (v uvažovaném objektu akublok o objemu 4 m^3)

Umožňuje plnou automatizaci topného procesu včetně ekvitermní regulace. Konstrukce akunádrže a směšovacího ventilu umožňuje velmi rychlý náběh topení a využívání stále stejně teplé (horké) vody po celou dobu topení. Dříve tento systém neměl chybu, i když vždycky patřil k těm dražším. Bohužel dodnes nevyjasněná energetická koncepce státu, kdy stát zpočátku podporoval a dokonce dotoval zavádění přímotopů, aby posléze (ač majoritní vlastník) umožnil nekontrolovatelné zvyšování cen el. energie, činí dnes tento způsob vytápění neúnosně drahý. Cena el. energie v nízkém tarifu se dnes již téměř vyrovnala s cenou ve vysokém tarifu, což eliminuje původní hlavní výhodu akumulačního způsobu vytápění oproti přímotopům a cena za 1 kWh se za posledních 20 let se zvýšila cca 20x.

6.3 Plynový kondenzační kotel THERMONA Therm 28 KD

Tento kotel je dnes nejmodernější zdroj tepla. Jak bylo řečeno v úvodu, lze jej použít při rekonstrukci stávajícího topení jako alternativní i jako hlavní zdroj pro vytápění. Při jeho použití v uvažovaném objektu se beze zbytku využilo předimenzované otopné soustavy, kterou lze proto provozovat s pro kotel výhodným teplotním spádem. Nastavení kotle na 55°C však s sebou nese při velkém objemu otopné vody malou pružnost systému, jinými slovy: náběh teploty po nastaveném teplotním poklesu je pomalý a je třeba s tímto počítat při programování jednotlivých sekcí vytápění během dne. První zkušenosti s více jak čtyřměsíčním provozem však ukazují reálnou výraznou úsporu nákladů na topení a rychlou návratnost investice.

7. Závěr

Úkolem této bakalářské práce bylo jednak vypracovat přehled typů v současnosti používaných kotlů na zemní plyn, uvést jejich hlavní konstrukční části a představit nejčastější způsoby jejich regulace, dále pak pro konkrétní objekt provést srovnání dnes nejpoužívanějších způsobů vytápění.
První popisná část práce je rešerží dostupných technických materiálů zpracovanou dle jednotlivých bodů zadání. Praktická část práce se pak podrobně zabývá konkrétními aplikacemi různých druhů vytápění ve skutečném objektu. Unikátním podkladem pro toto srovnávání je více jak dvacetileté sledování spotřeby el. energie používané k vytápění v tomto objektu. Také praktické zkušenosti s provozem jednotlivých druhů vytápění a jejich srovnání jsou zajímavé.
Výsledkem práce je zajímavé zjištění, že vytápění tuhými palivy není při současných cenách výrazně levnější, než použití nejmodernějšího kondenzačního kotle. Navíc s sebou nese nezanedbatelné zamořování okolního životního prostředí, které je na první pohled patrné a je tím větší, čím nekvalitnější palivo se spaluje. Použití elektrické energie k vytápění je pak v této chvíli to nejméně ekonomicky zajímavé.
Domnívám se, že hlavní cíle této bakalářské práce, které byly stanoveny, byly dosaženy a práce tudíž práce splnila svoje poslání.

Použité zdroje:

[1]	www.cpu.cz	Česká plynárenská unie
[2]	www.thermona.cz	Propagační materiály firmy Thermona
[3]	www.ebmpapst.cz	Výrobce ventilátorů
[4]	www.viessmann.cz	Propagační materiály firmy Viessmann, spol. s r.o.
[5]	www.vaillant.cz	Propagační materiály firmy Vaillant Group Czech s.r.o.
[6]	www.dakon.cz	Propagační materiály firmy Dakon
[7]	www.protherm.cz	Propagační materiály firmy Protherm spol. s.r.o.
[8]	www.gruppoimar.cz	Propagační materiály firmy: Interconti - Gruppo Imar Partner, s.r.o.
[9]	www.plyn.cz	Server poskytující informace o zemním plynu
[10]	www.zemniplyn.cz	Stránky věnované zemnímu plynu
[11]	www.jezdimnazemniplyn.cz	Stránky zaměřeny na použití zemního plynu v dopravě
[12]	www.psas.cz	Pražské služby a.s.
[13]	www.vesmir.cz	Přírodovědecký časopis
[14]	www.tzb-info.cz	Technická zařízení budov

Použité zkratky a symboly:

CNG		Compressed natural gas (stlačený zemní plyn)
TUV		Teplá užitková voda
ZP		Zemní plyn
η	[-]	Účinnost
Q_c	[W]	Celková tepelná ztráta objektu
Q_{VYT}	[MWh/rok]	Potřeba tepla
V_P	[m^3]	Objem plynu
k	[-]	Objemový součinitel
H_S	[kWh/m^3]	Účtované spalné teplo
D	[K·den]	Denostupeň (veličina charakterizující teplotní poměry v dané oblasti během topného období)
d	[dny]	Délka topného období
t_{is}	[°C]	Průměrná vnitřní výpočtová teplota
t_{es}	[°C]	Průměrná teplota během otopného období
e_j	[-]	Nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem
e_t	[-]	Snížení teploty v místnosti během dne respektive noci
e_d	[-]	Zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu
η_o	[-]	Účinnost obsluhy resp. možnosti regulace soustavy
η_r	[-]	Účinnost rozvodu vytápění
ε	[-]	Opravný součinitel

Seznam příloh

Příloha 1: Přehled průměrné noční spotřeby elektrické energie v topném období (a v létě) - bez nabíjení

PŘEHLED PRŮMĚRNÉ NOČNÍ SPOTŘEBY ELEKTRICKÉ ENERGIE V TOPNÉM OBDOBÍ (a v létě) - bez nabíjení

	1985	1986	1987	**1988**	1989	1990	1991	**1992**	1993	1994	1995	**1996**	1997	1986-1997
leden	**kWh/den**	244,0	280,0	205,7	209,1	216,7	209,0	191,3	194,3	177,0	212,2	210,0	216,3	213,8
únor		255,8	215,6	195,6	180,1	158,6	228,7	175,9	201,6	193,9	163,9	197,9	152,9	193,4
březen		174,8	214,2	190,6	131,7	123,3	144,0	146,7	158,1	125,2	153,7	154,9	118,9	153,0
duben		90,6	116,9	97,6	84,0	112,2	107,3	*106,8*	*101,4*	97,0	100,6	*114,8*	96,2	*102,1*
květen			*82,3*	*59,8*	*86,2*	*53,0*	90,7			*62,2*	*67,4*			*71,7*
červen														
červenec		9,7	8,4	8,6	8,4	6,9	*7,6*	*8,5*	*8,1*	*8,9*	*8,1*	*9,8*	*10,2*	*8,6*
srpen														
září											*73,4*			
říjen		106,8	109,7	*127,2*	*105,9*	98,9	*165,9*	*145,8*	*147,8*	*125,1*	83,4	82,0	*133,6*	119,3
listopad		176,8	165,6	210,6	177,9	164,3	173,8	164,2	193,1	154,2	163,8	124,5	137,6	167,2
prosinec	*232,0*	230,2	203,2	203,4	206,5	209,1	215,5	206,4	192,8	188,9	181,2	198,3	164,1	200,0
suma/rok	**kWh**	40 430	42 277	38 427	34 991	34 683	38 798	33 994	34 404	34 395	36 906	33 657	31 122	434 084
topení:	**kWh**	36 890	**39 211**	35 279	31 925	32 165	36 024	30 883	31 448	31 147	33 950	30 070	27 399	396 391

topení: suma/rok - 365(366) x průměr letních měsiců (bez topení)

	1998	1999	**2000**	2001	2002	2003	**2004**	2005	2006	2007	**2008**	2009		1998-2006	1986-2006	1986-2005
leden	162,9	175,8	191,9	175,2	175,7	196,6	204,1	171,8	*201,2*	*125,0*	9,94		98-06	183,9	201,0	
únor	133,7	173,6	142,4	151,6	135,9	198,1	162,0	189,8	*177,2*	*114,2*			98-06	162,7	180,2	
březen	111,7	111,3	130,4	131,7	111,5	124,2	137,6	141,3	*143,2*	*80,2*			98-06	127,0	141,9	
duben	*(56,7)*	66,5	58,8	86,6	81,1	92,4	74,0	67,9					98-05	73,0	*87,6*	
květen																
červen															*9,5*	
červenec	*10,2*	*10,4*	*9,2*	*11,1*	*12,3*	*11,0*	*11,1*	*11,0*	*10,7*	*9,3*			*98-07*	10,6		
srpen																
září																
říjen	91,2	*98,0*	*72,0*	*65,6*	106,0	*121,8*	75,5	*83,3*					98-05	89,2	107,3	
listopad	154,1	151,4	108,8	147,5	128,7	130,0	139,3	*134,9*	*96,5*	*(55,4)**			98-05	136,8	152,3	155,1
prosinec	186,5	171,3	162,5	195,4	210,3	175,5	172,3	*171,3*	*132,4*	*(65,7)**			98-05	180,6	189,4	192,2
suma/rok	28 154	30 049	27 941	31 106	31 543	32 887	31 602	28 612	19 617	14 108				261 511	695 595	
topení:	**24 431**	26 253	24 574	27 055	27 054	28 872	27 539	24 597	**15 712**	10 714				226 087	622 478	

* od 15.listopadu 2007 zahájeno zkušební topení plynem, od 1.1.2008 plný provoz (akublok odstaven)

** od roku 2005 přitápění kotlem na tuhá paliva Viadrus Hercules U 26