

Vysoká škola báňská – Technická universita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra Energetiky

Využití spalovacích zdrojů pro vytápění rodinného domu

Utilization of combustion sources for heating of family house

Student:

Novotný Tomáš

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Tomáš Výtisk, Ph.D.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra energetiky

Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Novotný**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 3907R009 Provoz energetických zařízení
Téma: **Využití spalovacích zdrojů pro vytápění rodinného domu**
Utilization of Combustion Sources for Heating of Family House

Zásady pro vypracování:

Práce bude obsahovat:

- 1) Popis rodinného domu a výpočet jeho tepelné ztráty.
- 2) Studie zaměřená na možné spalovací zdroje a paliva pro vytápění.
- 3) Porovnání ročních provozních nákladů pro jednotlivé spalovací zdroje se zahrnutím stávajícího způsobu vytápění.
- 4) Zhodnocení výhod a nevýhod jednotlivých způsobů vytápění.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] DUFKA, J.: Vytápění domů a bytů. II. vydání, Praha: Grada Publishing, s.r.o. 2004.
- [2] DUFKA, J.: Vytápění netradičními zdroji. Praha: BEN - technická literatura. 2003.
- [3] MRÁZEK, K.: Moderní vytápění bytů a domů. Praha: SNTL. 1986.
- [4] ČSN pro výpočet tepelných ztrát budov.
- [5] Internetové stránky výrobců kotlů malých výkonů.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Výtisk, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015




prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřisežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

Ostrava

12. května 2015



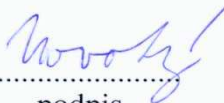
Novotný Tomáš

Prohlášení o využití výsledků bakalářské práce

Prohlašuji, že

- Jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že moje bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladu, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 12. května 2015


.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Tomáš Novotný

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Družstevní 429,747 66 Dolní Lhota

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Novotný, T. *Využití spalovacích zdrojů pro vytápění rodinného domu: bakalářská práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2015, 46 s. Vedoucí práce: Ing. Výtisk, T. Ph.d.

Bakalářská práce se zabývá výběrem možného typu spalovacího zařízení pro vytápění typového rodinného domu. Úvodní část je věnována palivům vhodným pro využití v domovních kotelnách, jejich výhřevnosti a výkupní ceně. Základem pro volbu vhodného typu kotle je znalost velikosti tepelné ztráty rodinného domu, jejímuž výpočtu, na základě dostupné technické dokumentace, je věnována hlavní část práce. V závěrečné části jsou srovnávány různé typy kotlů z hlediska pořizovacích nákladů a ceny za roční spotřebu paliva při jejich využití.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

Novotný, T. *Utilization of Combustion Sources for Heating of Family House: Bachelor Thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Energy, 2015, 46 p. Thesis head: Ing. Vytisk, T. Ph.d.

The thesis deals with the selection of the type of combustion devices for heating of the family house. The introductory section is devoted to fuels suitable for use in domestic boilers with regard to their calorific value and the price. The basis for the choice of the appropriate type of boiler is a knowledge of the size of the heat loss of the family house. Calculation of heat loss is dedicated to the main part of the work. In the final part are compared different types of the boiler. Important are cost and the price for the annual fuel consumption.

Seznam použitého značení a zkratek

Značka	Veličina	Jednotka
B	Charakteristické číslo budovy	[1]
D	Počet dní topné sezóny	[den]
H	Počet topných hodin	[hod]
L	Délka spár otevíratelných částí oken a venkovních dveří	[m]
l	Délka	[m]
M	Charakteristické číslo místnosti	[1]
n_h	Potřebná intenzita výměny vzduchu	[h ⁻¹]
N_{p-rok}	Roční náklady na palivo	[kč/rok]
p_1	Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí	[1]
p_2	Přirážka na urychlení zátoku	[1]
p_3	Přirážka na světovou stranu	[1]
Q_c	Celková tepelná ztráta	[W]
Q_p	Tepelná ztráta prostupem	[W]
Q_r	Celková spotřeba tepla	[MJ/rok]
Q_{r-p}	Spotřeba paliva pro plynné paliva	[MWh/rok]
Q_v	Tepelná ztráta větráním	[W]
Q_z	Tepelný zisk	[W]
S_d	Plocha dveří	[m ²]
S_o	Plocha otvoru stěny	[m ²]
S_{ok}	Plocha oken	[m ²]
S_p	Plocha podlahy	[m ²]
S_s	Plocha stěny	[m ²]
S_{sik}	Plocha šikminy	[m ²]
t_i	Vnitřní teplota v místnosti	[°C]
t_{ej}	Teplota v sousední místnosti nebo teplota venkovního prostředí	[°C]
v_v	Objemový tok větracího vzduchu	[m ³ /s]
α_e	Součinitel přestupu tepla-vnější	[W/(m ² .k)]
α_i	Součinitel přestupu tepla-vnitřní	[W/(m ² .k)]
λ	Součinitel tepelné vodivosti	[W/(m.k)]
η_k	Účinnost kotle	[%]

Obsah bakalářské práce

1. Úvod	8
2. Historie a současná situace rodinných domů v české republice	8
3. Energetická náročnost budovy v souladu s vyhláškou č.148/2007 sb.	9
4. Možnosti vytápění rodinného domu	10
5. Typy paliv	11
5.1 Černé a hnědé uhlí	12
5.2 Uhelný koks	12
5.3 Biomasa	12
5.4 Kusové dřevo	13
5.4.1 Pelety	13
5.4.2 Brikety	13
5.5 Zemní plyn	14
5.6 Topné oleje	14
5.7 Bioplyn	14
6. Spalovací zdroje pro vytápění rodinného domu	15
6.1 Kotle na tuhá paliva	15
6.2 Kotle na plynná paliva	15
6.3 Kotle na kapalná paliva	15
7. Tepelná bilance rodinného domu	15
7.1 Teorie výpočtu tepelných ztrát rodinného domu	16
7.1.1 Celková tepelná ztráta	16
7.1.2 Tepelná ztráta prostupem tepla	16
7.1.3 Tepelná ztráta větráním	18
7.2 Popis rodinného domu	19
7.3 Tepelná ztráta obvodovými zdmi	20
7.4 Tepelná ztráta prostupem tepla přes zkosenou část stropu	22
7.5 Tepelná ztráta prostupem tepla přes strop	24
7.6 Tepelná ztráta prostupem tepla přes podlahu	26
7.7 Tepelná ztráta prostupem tepla okny a dveřmi	28
7.8 Tepelná ztráta větráním	30
7.9 Celková tepelná ztráta	32
8. Návrhy kotlů pro pokrytí tepelné ztráty	33
8.1 Kotle na plynná paliva	34
8.1.1 KZ 24 R	33
8.1.2 Naos K4 H	34
8.2 Kotle na pevná paliva	35
8.2.1 C 16	35
8.2.2 Ekoret	36
8.2.3 KP Pyro F21	37
8.3 Kotle na kapalná paliva	38
8.3.1 Hercules U22 PN	38
8.4 Porovnání kotlů	38
9. Závěrečné shrnutí	42
10. Použitá literatura	43
11. Seznam příloh	45

1. Úvod

Každý z nás chce mít doma tepelnou pohodu, za co nejnižší náklady. Proto je důležité, správně navrhnout vytopný systém a palivo, které se bude využívat. Primárně je potřeba spočítat ztráty jednotlivých místností a potažmo celkovou tepelnou ztrátu domu, podle normy ČSN 06 0210. Z výsledné hodnoty vycházíme při návržení výkonu spalovacího zařízení. Jako další kritéria nám poslouží pořizovací cena, efektivitou provozu, uživatelské hledisko a v neposlední řadě provozní náklady. Bakalářská práce se zabývá touto problematikou a na základě vypočítané tepelné ztráty rodinného domu jsou v závěru práce předloženy, pro srovnání, náklady na jeho vytápění při využití různých spalovacích zdrojů a různých typů paliv.

2. Historie a současná situace rodinných domů v České republice

Již od nejstarších dob se člověk snažil uchýlovat do uzavřených prostor, jež mu poskytovaly ochranu vůči venkovnímu světu. V pravěku to byly jeskyně, postupem času si člověk začal bydlení stavět sám, různé chýše a chatrče se objevovaly po celém světě. Ruku v ruce s pokrokem se měnilo i bydlení. Místo hlíny a větví člověk začal využívat opracované dřevo či kámen. Domy už nesloužily pouze pro přežití, ale rovněž pro společenský život či náboženství. Tyto budovy rostly jak ve vertikální, tak horizontální rovině. Domy byly a jsou rovněž ukazateli sociálního postavení. V podobné podobě s dnešními rodinnými domy se již vyskytují několik století. Rodinné domy jsou v České republice velice významnou součástí bytového fondu. Podle sčítání lidu v roce 2011 zahrnoval bytový prostor ČR celkem 4 756 572 bytů, z toho bylo 4 104 635 obydlených bytů, z nichž 43,7% bylo v rodinných domech, což znamená, že na území ČR je 1 793 726 rodinných domů. Průměrná obytná plocha na 1 obydlený byt v ČR byla v rodinných domech $80,9 \text{ m}^2$. Bytová výstavba procházela také v roce 2013 útlumem. Počty zahájených staveb bytů klesají již šestým rokem, největší propady lze pozorovat v kategorii rodinných domů. U dokončených bytů došlo po mírném růstu v roce 2012 k propadu o 14,3 %. Ve srovnání s vrcholem v roce 2007 to je propad o téměř 50 % (21 688 bytů). Největší pokles ve srovnání s rokem 2012 byl zaznamenán právě u bytů v rodinných domech -13,3 %.

3. Energetická náročnost budovy v souladu s vyhláškou č. 148/2007 Sb.

V této vyhlášce ministerstva průmyslu a obchodu jsou sepsány základní požadavky na energetickou náročnost budovy z hlediska její konstrukce a parametry technických zařízení pro vytápění, větrání, chlazení, klimatizaci, přípravu teplé vody a osvětlení. Požadavky na energetickou náročnost jsou splněny za předpokladu, že hodnocená budova má energetickou náročnost nižší, než referenční budova stejného typu (byt, administrativní budova, rodinný dům) [4]

Dále se také určuje splnění porovnávacích ukazatelů, které vycházejí z ČSN 73 0540-2 (z dubna 2007)

1. Konstrukce a její styky mají takový tepelný odpor, že na jejich vnitřní konstrukci nedochází ke kondenzaci vodní páry a k růstu plísní.
2. Stavební konstrukce splní nejvýše požadovaný součinitel prostupu tepla. Konstrukce vytápěných, nebo klimatizovaných budov musí mít v prostorech s relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $\varphi_i \leq 60\%$ součinitel prostupu tepla U takový, aby platilo $U \leq U_N$
3. Funkční spáry vnějších výplňových otvorů (oken, balkonových a vstupních dveří) musí splňovat normový požadavek součinitele průvzdušnosti. Ostatní konstrukce a spáry obvodového pláště musí být téměř vzduchotěsné.
4. Budova musí splnit hodnotu požadovaného průměrného prostupu tepla .
5. Podlahové konstrukce musí splnit požadavek poklesu dotykové teploty podlahy.
6. Místnosti splňují požadavky tepelné stability v letním a zimním období. Tepelná stabilita se určuje zejména pro zimní období a zvláště pro letní období, vždy pro kritickou místnost. Pro zimní období je místnost s největší hodnotou průměrného součinitele prostupu tepla konstrukcí, které ji ohraničují. Z hlediska letního období je kritickou místností ta, která vykazuje největší plochu přímo osluněných výplňových konstrukcí orientovaných na světové strany.
7. Uvnitř stavební konstrukce nedochází ke kondenzaci vodní páry nebo jen v množství neohrožující jejich funkci po dobu předpokládané životnosti.

Požadavky tepelné ochrany budov (ČSN 73 0540-2) jsou nyní zahrnuty v § 4 vyhlášky 148/2007 Sb. [1]

4. Možnosti vytápění rodinného domu a bytu

V dnešní době můžeme vytápění rozdělit do tří základních skupin. Vytápění pevnými, plynnými palivy a alternativní vytápění. Při dalším rozdělení třeba: plynem, dřevěným uhlím, černým uhlím, elektřinou, dřevem, dřevěnými peletami a tepelným čerpadlem. Ke spalování pevných a plynných paliv používáme kotle. U rodinných domů můžeme využít jak lokální vytápění, kdy je zdroj tepla přímo ve vytápěné místnosti, nebo etážového vytápění. U tohoto druhu vytápění je kotel umístěn v kotelně a rozvod k vytápěcím tělesům je proveden příslušným potrubím. Takto se vytápí celý dům.

Další možnosti vytápění:

- 1) Parní vytápění – z bezpečnostních důvodů se téměř nevyrábí, ale má velký tepelný výkon a dá se snadno a rychle regulovat
- 2) Teplovzdušné vytápění – ohřátý vzduch se rozvádí do jednotlivých místností pomocí ventilátorů. Tento způsob je náročný na vzduchové potrubí.
- 3) Sálavé vytápění – pomalá regulace, a velmi náročná instalace. Topné elementy jsou instalovány přímo v podlaze vytápěné místnosti.

5. Typy paliva

V následující kapitole je uveden přehled základních paliv vhodných pro použití ke spalování v malých zdrojích umístěných v rodinných domech. Pro představu o výhřevnostech těchto paliv sestavena tabulka 1.

Tabulka 1. Výhřevnost tuhých, kapalných a plyných paliv

Druh paliva	Výhřevnost (MJ/kg)	Výhřevnost (MJ/m ³)
Koks	27,5	
Černé uhlí(20,9-31,4)	25,1	
Hnědé uhlí(10,5-17,2)	15,1	
Nafta Motorová	42,6	
Extra lehký topný olej(ELTO)	43	
Lehký topný olej(LTO)	41,45	
Benzín (střední frakce)	42,7	
Zemní plyn		34,05
Propan		46,40
Bioplyn-100% CH ₄		35,8
Bioplyn-80% CH ₄		28,6
Bioplyn-70% CH ₄		25,1
Bioplyn-67% CH ₄		24
Bioplyn-55% CH ₄		19,6
Skot průměr		21
Prasata průměr		22,5

5.1 Černé a hnědé uhlí

Jak černé, tak hnědé uhlí je druh usazené horniny. Získává se dolováním z povrchových nebo hlubinných dolů a používá se jako palivo. Uhlí je složeno především z uhlíku, vodíku a kyslíku, obsahuje však také další chemické prvky především síru. Používá se především, jako palivo pro získávání tepla a energie. Řadíme jej mezi neobnovitelné zdroje. Z hlediska komfortu, účinnosti a znečištění je to ovšem nejhorší možný zdroj tepla. [2]

5.2 Uhelný koks

Koks je pevný uhlíkatý zbytek výrobku z nízkopopelového, nízkosířičitého uhlí, ze kterého jsou odstraněny prchavé složky v peci s omezeným přístupem kyslíku při teplotách kolem 1000°C. Má vynikající výhřevnost.

5.3 Biomasa

Dle zákona č.201/2012 vyhlášky č. 415/2012 § 2 je biomasou ke spalování ve stacionárních zdrojích produkt, který je tvořen z rostlinného materiálu pocházejícího ze zemědělství nebo lesnictví a který lze použít jako palivo za účelem získání jeho energetického obsahu, a dále následující odpad použitý jako palivo:

1. rostlinný odpad ze zemědělství nebo lesnictví,
2. rostlinný odpad z potravinářského průmyslu, pokud se využije vyrobené teplo,
3. rostlinný odpad z výroby čerstvé vlákniny a z výroby papíru z buničiny, pokud se spoluspaluje v místě výroby a vzniklé teplo se využije,
4. korkový odpad,
5. dřevný odpad s výjimkou dřevného odpadu, který může obsahovat halogenované organické sloučeniny nebo těžké kovy v důsledku ošetření látkami na ochranu dřeva nebo nátěrovými hmotami, zahrnující především takovéto dřevné odpady pocházející ze stavebnictví a z demolic. [16]

Tabulka 2. Charakteristika biomasy

Druhy paliva	Obsah vody (%)	Výhřevnost (MJ/Kg)	(kg/ m ³)	(kg/prms)
Dřevo Obecně	20	14,25	670	
Listnaté dřevo	15-50	14,6-7,57	673-1130	
Jehličnaté dřevo	15-50	15,58-8,16	486-810	
Dřevní štěpka	15-40	16,4-10,1		170-225
Pelety	10	16,5	510-901	
Sláma obilovin	10	15,49		Balíky
Sláma kukuřice	10	14,4		Balíky
Lněné stonky	10	16,9		Balíky
Sláma řepky	10	16		Balíky

5.4 Kusové dřevo

Topení kusovým dřevem patří u nás k nejlevnějším zdrojům energie pro topení především rodinných domů. Jde však o zdroj nekomfortní. To znamená, že je nutno každou sezónu dřevo připravovat. Dřevo musí být ideálně uskladněno nejméně 2-3 roky, chráněné před vlhkem a deštěm. Nutná je taky pravidelná údržba kotle i komínů.

5.4.1 Pelety

Vyrábí se v peletárnách lisováním dřevěných pilin a hoblin. Mají nízký obsah vody a vysokou hustotu. Nejčastěji se lisují do válcového tvaru.

5.4.2 Brikety

Brikety jsou způsobem vyrobeny velmi podobným způsobem jako pelety. Lze je spalovat bez nutnosti speciálních úprav na kotlích standardní velikosti. Jsou větší než pelety. Vyrábí se ze dřeva, slámy, rostlinných materiálů, uhlí, papíru, polyuretanu, z kovu.

5.5 Zemní plyn

Je přírodní hořlavý plyn využívaný jako významné plynné fosilní palivo. Jeho hlavní složkou je metan. Zemní plyn se těží z porézních sedimentárních hornin uzavřených ve strukturních pastech podobně jako ropa. Nachází se buď samostatně, společně s ropou nebo černým uhlím.

5.6 Topné oleje

Jsou to ropné výrobky, které se získávají destilací a jejich hlavní složkou jsou uhlovodíky. Nevýhoda je jejich závislost na ceně ropy.

Dělíme je na: **Těžké topné oleje (TTO)** - Převážně směs vyšších uhlovodíků, využívá se pro průmyslové vytápění. Kotelny s výkonem vyšším než 20 MW.

Lehké topné oleje (LTO) - Mají nižší viskozitu a pro rozlišení od motorové nafty obsahují lehké topné oleje barvivo a značkovací látky. LTO se většinou využívá v kotelnách s výkonem od 5 do 20 MW. Méně vhodné pro vytápění RD.

Extrémně lehké topné oleje (ELTO) - Obecně je extra lehký topný olej (ELTO, TOEL nebo také TOLEX) směsí hydrogenučně odsířených ropných destilátů. Lze jej spalovat jak v lokálních topidlech, tak i v kotli pro ústřední vytápění. Účinnost kotlů je až 95%.

5.7 Bioplyn

Bioplyn je plyn produkovaný během vyhnívání organických látek. Skládá se zejména z metanu a oxidu uhličitého. Bioplyn je produkovaný zejména v přirozených prostředích, jako jsou mokřady, sedimenty, trávicí ústrojí, hnojiště, skládkách či čistírnách odpadů

6. Spalovací zdroje pro vytápění rodinného domu

6.1 Kotle na tuhá paliva

Kotle na tuhá paliva jsou na našem trhu poměrně rozšířené. Z jejich široké nabídky můžeme vybírat například:

- odhořivací kotle
- prohořivací kotle (litinové, ocelové)
- zplyňovací kotle na dřevo (možná kombinace uhlí a dřevo)
- kotle na pelety

6.2 Kotle na plynná paliva

Kotle na plynná paliva spalují především zemní plyn, ale i směs propan-butanu.

- Kotle s atmosférickým hořákem
- Kotle s tlakovým hořákem
- Nízkoteplotní kotle
- Kondenzační kotle

6.3 Kotle na kapalná paliva

Kotle na kapalná paliva se uplatňují často tam, kde se nevyplatí budova inženýrské sítě a zároveň je zde nevýhodné topit klasickými topidly na pevná paliva.

- Kotle na lehký topný olej
- Kotle na naftu

7. Tepelná bilance rodinného domu

Pro volbu vhodného spalovacího zdroje k vytápění rodinného domu je potřeba znát zejména jeho potřebný výkon, který musí zajistit zejména pokrytí tepelných ztrát a přípravu teplé užitkové vody. Následující kapitola je věnována výpočtu tepelných ztrát rodinného domu, postaveného v katastru obce Dolní Lhota.

Při výpočtu tepelných ztrát rodinného domu jsem vycházel z normy ČSN 06 0210. V této normě je sepsán postup při stanovování tepelných ztrát prostupem stěnami, stropem, okny a dveřmi, podlahou a větráním.

7.1 Teorie výpočtu tepelných ztrát rodinného domu

7.1.1 Celková tepelná ztráta

Celková tepelná ztráta se označuje Q_c a udává se ve W. Je rovna součtu tepelné ztráty prostupem tepla konstrukcemi a tepelné ztráty větráním, snížena o trvalé tepelné zisky, jak je uvedeno v rovnici (1). [4]

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z \text{ [W]} \quad (1)$$

kde Q_p je tepelná ztráta prostupem tepla, [W]
 Q_v tepelná ztráta větráním, [W]
 Q_z tepelný trvalý zisk. [W]

7.1.2 Tepelná ztráta prostupem tepla

Tepelná ztráta prostupem tepla se označuje Q_p a udává se ve W, určí se pomocí rovnice (2). [4]

$$Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) \text{ [W]} \quad (2)$$

kde Q_o je základní tepelná ztráta prostupem tepla, [W]
 p_1 přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí, [-]
 p_2 přírážka na urychlení zátoku, [-]
 p_3 přírážka na světovou stranu. [-]

Základní tepelná ztráta prostupem tepla Q_o je se rovná součtu tepelných toků prostupem tepla v ustáleném tepelném stavu jednotlivými konstrukcemi ohraničujícími vytápěnou místnost od venkovního prostředí nebo od místnosti sousední s nižší teplotou.

$$Q_o = \sum_{j=1}^{j=n} k_j \cdot S_j \cdot (t_i - t_{ej}) \quad (3)$$

Kde S_j je plocha konstrukce, [m²]
 k_j součinitel prostupu tepla, [W/(m².K)]
 t_i vnitřní teplota v místnosti, [°C]
 t_{ej} teplota v sousední místnosti, nebo teplota venkovního prostředí. [°C]

Tepelný zisk nastává v případě, že teplota na vnější straně stavební konstrukce je vyšší, než teplota na straně vytápěné místnosti. Tepelný tok prostupující touto konstrukcí má tudíž zápornou hodnotu.

Díky přírážce na vyrovnání vlivu chladných stavebních konstrukcí p_1 , je umožněno zvýšení teploty vnitřního vzduchu tak, že i při nižší povrchové teplotě ochlazených konstrukcí bylo ve vytápěné místnosti dosaženo požadované výpočtové vnitřní teploty, pro kterou se počítá základní tepelná ztráta Q_0

Přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí p_1 , je závislá na průměrném součiniteli prostupu tepla všech konstrukcí k_c , ten se určí ze vztahu:

$$k_c = \frac{Q_0}{\sum S \cdot (t_i - t_e)} \quad (4)$$

Kde $\sum S$ je celková plocha konstrukcí ohraničujících místnost, $[m^2]$

t_i výpočetní teplota vnitřní, $[^\circ C]$

t_e výpočtová venkovní teplota. $[^\circ C]$

Přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí, se dále určí ze vztahu:

$$p_1 = 0,15 \cdot k_c \quad (5)$$

Výpočet součinitele prostupu tepla k

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \frac{l_3}{\lambda_3} + \frac{l_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad [W / (m^2.K)] \quad (6)$$

kde α_i je součinitel přestupu tepla - vnější $[W / (m^2.K)]$

α_e součinitel přestupu tepla - vnitřní $[W / (m^2.K)]$

1 délka $[m]$

λ součinitel tepelné vodivosti $[W / (m.K)]$

Základní tepelná ztráta prostupem tepla Q_0

$$Q_0 = \sum Q_{0,n} + \dots + Q_{0,n+1} \quad [W] \quad (7)$$

7.1.3 Tepelná ztráta větráním

Tepelná ztráta větráním se označuje Q_v a vypočte se pomocí rovnice (8)

$$Q_v = 1300 \cdot V_v \cdot (t_i - t_{es}) \quad [W] \quad (8)$$

kde: V_v je objemový tok větracího vzduchu, $[m^3/s]$

t_i teplota výpočtová vnitřní, $[^\circ C]$

t_{es} teplota výpočtová vnější, $[^\circ C]$

Objemový tok větracího vzduchu prostoru V_v musí odpovídat hygienickým a technologickým požadavkům. Požadavky jsou dány potřebou výměny vzduchu $n_h [h^{-1}]$.

Při přirozené infiltraci se objemový tok větracího vzduchu stanoví ze vztahu

$$V_{vp} = \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M \quad [m^3/s] \quad (9)$$

Kde: i_{LV} součinitel spárové průvzdušnosti, $[(m^3/m.s.Pa^{-0,67})]$

L délka spár otvíratelných a venkovních částí oken, $[m]$

B charakteristické číslo budovy, $[Pa^{-0,67}]$

M charakteristické číslo místnosti, $[-]$

Hodnoty součinitele spárových průvzdušnosti oken a venkovních dveří jsou uvedeny v literatuře [7]. Celkovou délku spár uvažujeme, jako součet spár mezi jednotlivými křídly a rámem (zahrnuje i střední sloupek). Dle literatury [6] určíme charakteristické číslo budovy a místnosti.

Kontrola intenzity výměny vzduchu infiltrací

$$n = \frac{3600 \cdot \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M}{V_m} \quad h^{-1} \quad (10)$$

Z hygienického hlediska musí být minimální intenzita výměny vzduchu infiltrací $0,5 h^{-1}$.

Objemový tok větracího vzduchu vypočteme ze vztahu

$$V_v = \frac{n}{3600} \cdot V_m \quad [m^3/s] \quad (11)$$

Kde: V_m je objem místnosti $[m^3]$

7.2 Popis rodinného domu

Typový rodinný dům, ve kterém snižují tepelné ztráty, se nachází v Dolní Lhotě. Je to malá vesnice nedaleko Ostravy-poruby. Je zde zavedena městská hromadná doprava a to formou tramvají linky č.5. Dům se nachází na hlavním kopci, v nové zástavbě, nedaleko infrastrukturní oblasti obce (obecní úřad, jednota, kostel, škola a školka). Stojí zde již sedm let. Projekt je od firmy RD styl a nese technické označení IDEAL PLUS-OZ. Má dvě podlaží a půdu, která je neobydlená. Není podsklepen. Na severní straně se nachází dvojgaráž s půdou, ta je rovněž neobydlená. Dům je z pálených cihel. Obvodové zdi jsou z Porotherm 40 p+d tloušťky 400 mm. Komplexní rozpracování materiálů celé stavby je uvedeno v tabulkách: 3, 5, 7, 9, 11. Dům má jednu bytovou jednotku. V přízemí se nachází předsíň, technická místnost, koupelna, pracovna, obývací pokoj a kuchyň s arkýřem ve kterém se nachází jídelní kout. V prvním patře se nachází dva dětské pokoje, ložnice, šatna a koupelna. Bližší rozměrové údaje jsou uvedeny v tabulkách: 4, 6, 8, 10, 12. [5]

7.3 Tepelná ztráta prostupem tepla obvodovými zdmi

Tabulka 3. Vrstvy obvodových zdí [3], součinitel vodivosti [5]

	Jednotlivé vrstvy	l [m]	λ [W/(m.K)]
1	Omítka vnitřní	0,01	0,7
2	Porotherm 40 p+d	0,4	0,14
3	Polystyrén	0,15	0,04
4	Omítka	0,02	0,87

Kde l je tloušťka vrstvy, [m]

λ součinitel tepelné vodivosti. [W/(m.K)]

Pro navrhovaný otopný systém rodinného domu se počítá s venkovní navrhovanou teplotou, pro danou oblast Ostravska, $t_e = -15^\circ\text{C}$. Vnitřní teplota je pro každou místnost jiná. Teplota výpočtová vnější a vnitřní jsou použity z literatury [4].

Po dosazení do vzorce (6)

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,15}{0,04} + \frac{0,4}{0,14} + \frac{0,01}{0,7} + \frac{1}{23}} = 0,148 \quad \left[\text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}) \right]$$

Vzorový výpočet pro místnost číslo 2.

Po dosazení do vzorce (3)

$$S = S_s - S_o = l_s \cdot h - l_o \cdot h_o = ((7,44 + 4,9) \cdot 2,6) - (1,5 \cdot 1) \cdot 4 + (1 \cdot 2,35) = 23,7 \quad \left[\text{m}^2 \right]$$

$$Q_{o1} = k \cdot S_1 \cdot (t_i - t_e) = 0,148 \cdot 23,7 \cdot (20 - (-15)) = 122,77 \quad \left[\text{W} \right]$$

Kde: S_s je plocha stěny, $[\text{m}^2]$

S_o plocha otvoru stěny, $[\text{m}^2]$

l_s vnitřní délka stěny, [m]

h konstrukční výška patra, [m]

l_o, h_o délka a výška otvoru, [m]

t_e výpočtová vnější teplota. $[\text{°C}]$

Tabulka 4. Základní tepelná ztráta [3], [4], [5]

	Místnost	t_i [°C]	t_{es} [°C]	S [m ²]	k [W/(m ² .K)]	Q_o [W]
1	Pracovna	20	-15	10,74	0,148	55,63
2	Obývací pokoj	20	-15	23,70	0,148	122,77
3	Kuchyň	20	-15	14,18	0,148	73,45
4	Technická míst.	15	-15	7,52	0,148	38,96
5	Koupelna	24	-15	4,29	0,148	21,59
6	Schodiště	10	-15	10,00	0,148	40,69
7	Dětský pokoj č.1	20	-15	12,29	0,148	63,00
8	Dětský pokoj č.2	20	-15	13,45	0,148	69,41
9	Šatna	15	-15	3,94	0,148	20,00
10	Ložnice	20	-15	13,45	0,148	69,41
11	Koupelna	24	-15	12,63	0,148	72,88

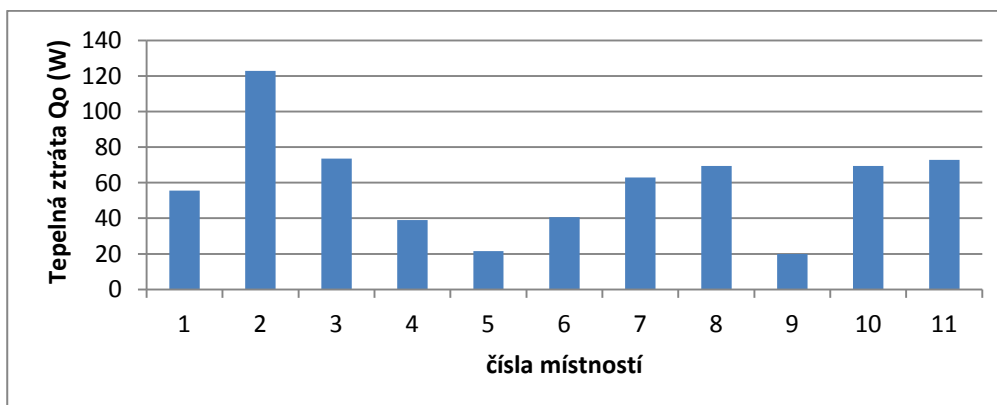
Základní tepelná ztráta prostupem tepla Q_o pro všechny místnosti se vypočítá jako součet tepelných ztrát jednotlivých místností. Hodnoty tepelných ztrát jednotlivých místností jsou uvedeny v tabulce 4.

Po dosazení do vzorce (7)

$$Q_o = Q_{o1} + Q_{o2} + Q_{o3} + Q_{o4} + Q_{o5} + Q_{o6} + Q_{o7} + Q_{o8} + Q_{o9} + Q_{o10} + Q_{o11}$$

$$Q_o = 55,63 + 122,77 + 73,45 + 38,96 + 21,59 + 40,69 + 63,00 + 69,41 + 20,00 + 69,41 + 72,88 = 647,79 [W]$$

Graf 1. Tepelné ztráty obvodovými stěnami v jednotlivých místnostech



7.4 Tepelná ztráta prostupem tepla zkosenou částí stropu

Tabulka 5. Složení stropu [3], součinitel tepelné vodivosti [5]

	Jednotlivé vrstvy	l[m]	λ [W/(m.K)]
1	Sádrokarton	(0,012)	0,22
2	Igelit(parozábrana)	0,001	0,2
3	Izover vata	0,22	0,04
4	Dřevěné desky	0,022	0,11
5	Bramac-Classic protector	0,025	1,23

Výpočet součinitele prostupu tepla k

Po dosazení do vzorce (6)

$$\frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,012}{0,22} + \frac{0,001}{0,2} + \frac{0,22}{0,04} + \frac{0,022}{0,11} + \frac{0,025}{1,23} + \frac{1}{23}} = 0,168 \quad [W / (m^2 \cdot K)]$$

Vzorový výpočet pro místnost 10.

Výpočet základní tepelné ztráty:

Po dosazení do vzorce (3)

$$S = S_{sik} - S_o = l_s \cdot h - l_o \cdot h_o = (4,05 \cdot 2,04) - 2 \cdot (1,53 \cdot 0,72) = 6,06 \quad [m^2]$$

$$Q_{o10} = k \cdot S_1 \cdot (t_i - t_e) = 0,168 \cdot 6,06 \cdot (20 - (-15)) = 35,63 \quad [W]$$

Tabulka 6. Základní tepelná ztráta [3], [4], [5]

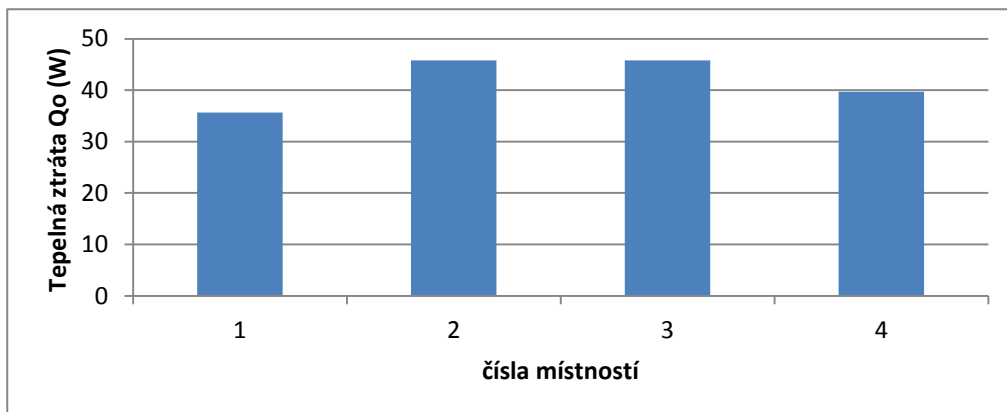
	Místnost	t_i [°C]	t_{es} [°C]	S [m ²]	k [W/(m ² .K)]	Q_o [W]
10	Dětský pokoj č.1	20	-15	6,06	0,168	35,63
11	Dětský pokoj č.2	20	-15	7,79	0,168	45,81
13	Ložnice	20	-15	7,79	0,168	45,81
14	Koupelna č.2	24	-15	6,06	0,168	39,71

Tepelná ztráta přes zkosenou část stropu se počítají stejně jako u stěny, podlahy a oken. Tepelné ztráty jsou uvedeny v tabulce 6.

Po dosazení do vzorce (7)

$$Q_o = Q_{o1} + Q_{o2} + Q_{o3} + Q_{o4} = 35,63 + 45,81 + 45,81 + 39,71 = 167 \quad [W]$$

Graf 2. Tepelné ztráty prostupem tepla šikmou částí stropu



7.5 Tepelná ztráta prostupem tepla stropem

Tabulka 7. Složení stropu [3], součinitel tepelné vodivosti [5]

	Jednotlivé vrstvy	l [m]	λ [W/(m.K)]
1	Sádrokarton	(0,012)	0,22
2	Igelit(parozábrana)	0,001	0,2
3	Izover vata	0,22	0,04
4	OSB desky	0,022	0,11

Výpočet součinitele prostupu tepla k

Po dosazení do vzorce (6)

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,012}{0,22} + \frac{0,001}{0,2} + \frac{0,22}{0,04} + \frac{0,022}{0,11} + \frac{1}{23}} = 0,169 \quad [W / (m^2.K)]$$

Vzorový výpočet pro místnost 10.

Výpočet základní tepelné ztráty:

Po dosazení do vzorce (3)

$$S = S_s - S_o = l_s \cdot h - l_o \cdot h_o = (4,05 \cdot 1,80) = 7,29 \quad [m^2]$$

$$Q_{o10} = k \cdot S_1 \cdot (t_i - t_e) = 0,169 \cdot 7,29 \cdot (20 - (5)) = 18,45 \quad [W]$$

Tabulka 8. Základní tepelná ztráta [3], [4], [5]

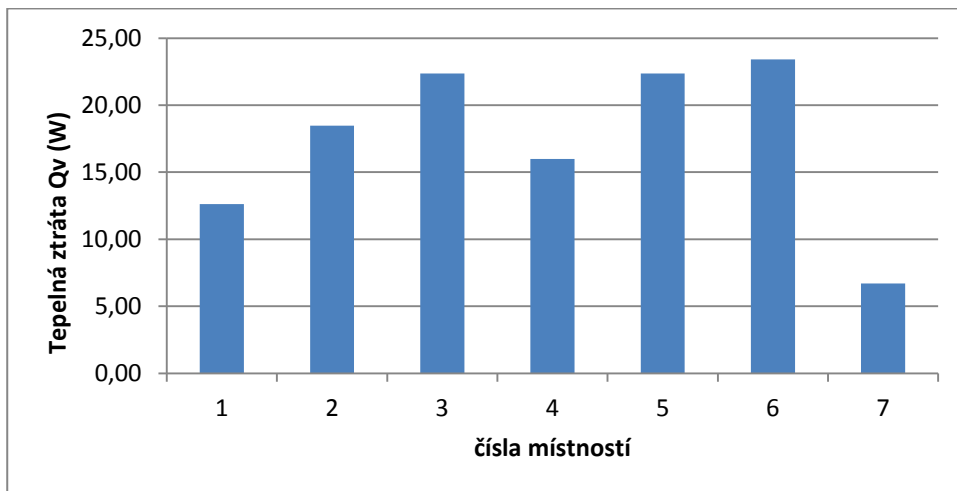
	Místnost	t_i [°C]	t_{es} [°C]	S [m ²]	k [W/(m ² .K)]	Q_0 [W]
9	Schodiště	20	5	4,98	0,169	12,62
10	Dětský pokoj č.1	20	5	7,29	0,169	18,45
11	Dětský pokoj č.2	20	5	8,82	0,169	22,36
12	Šatna	20	5	6,31	0,169	16,00
13	Ložnice	20	5	8,82	0,169	22,36
14	Koupelna č.2	24	5	7,29	0,169	23,41
15	Chodba	10	5	7,93	0,169	6,70

Tepelná ztráta přes rovnou část stropu se počítají stejně jako u stěny, podlahy a oken. Tepelné ztráty jsou uvedeny v tabulce 8.

Po dosazení do vzorce (7)

$$Q_0 = 12,62 + 18,45 + 22,36 + 16,00 + 22,36 + 23,41 + 6,70 = 121,93 \quad [W]$$

Graf 3. Tepelné ztráty prostupem tepla rovnou částí stropu



7.6 Tepelná ztráta prostupem tepla podlahou

Tabulka 9. Složení podlah [3], součinitel tepelné vodivosti [5]

	Jednotlivé vrstvy	l [m]	λ [W/(m.K)]
1	beton	0,3	1,28
2	asfaltová hydroizolace	0,001	0,07
3	cementový potěr	0,035	1,3
4	škvára	0,07	0,27
5	betonová zálivka	0,08	1,2
6	dřevěné masivní parkety (třívrstvé) / dlažba	0,015/0,01	0,092/1,01

Výpočet součinitele prostupu tepla k

Po dosazení do vzorce (6)

$$\text{Pro parkety } k_p = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,3}{1,28} + \frac{0,001}{0,07} + \frac{0,035}{1,3} + \frac{0,07}{0,27} + \frac{0,08}{1,2} + \frac{0,015}{0,092} + \frac{1}{23}} = 1,07 \left[W / (m^2 \cdot K) \right]$$

$$\text{Pro dlažbu } k_d = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,3}{1,28} + \frac{0,001}{0,07} + \frac{0,035}{1,3} + \frac{0,07}{0,27} + \frac{0,08}{1,2} + \frac{0,01}{1,01} + \frac{1}{23}} = 1,28 \left[W / (m^2 \cdot K) \right]$$

Vzorový výpočet pro místnost 2.

Výpočet základní tepelné ztráty:

Po dosazení do vzorce (3)

$$S_p = l_p \cdot a_p = (7,45 \cdot 4) = 29,8 \quad [m^2]$$

$$Q_{07} = k \cdot S_1 \cdot (t_i - t_e) = 1,07 \cdot 29,8 \cdot (20 - 5) = 478,29 \quad [W]$$

Tabulka 10. Základní tepelná ztráta [3], [4], [5]

	Místnost	t_i [°C]	t_{es} [°C]	S [m ²]	k [W/(m ² .K)]	Q_0 [W]
1	Pracovna	20	5	13,9	1,07	223,10
2	Obývací pokoj	20	5	29,8	1,07	478,29
3	Kuchyň+ Arkýř	20	5	16,9	1,28	324,48
4	Předsíň	20	5	4,7	1,28	90,24
5	Technická míst.	20	5	3,4	1,28	65,28
6	Koupelna č.1	24	5	3,7	1,28	89,98
5	Chodba	10	5	5,3	1,07	28,36
6	Místnost pod schody	10	5	2,2	1,28	14,08

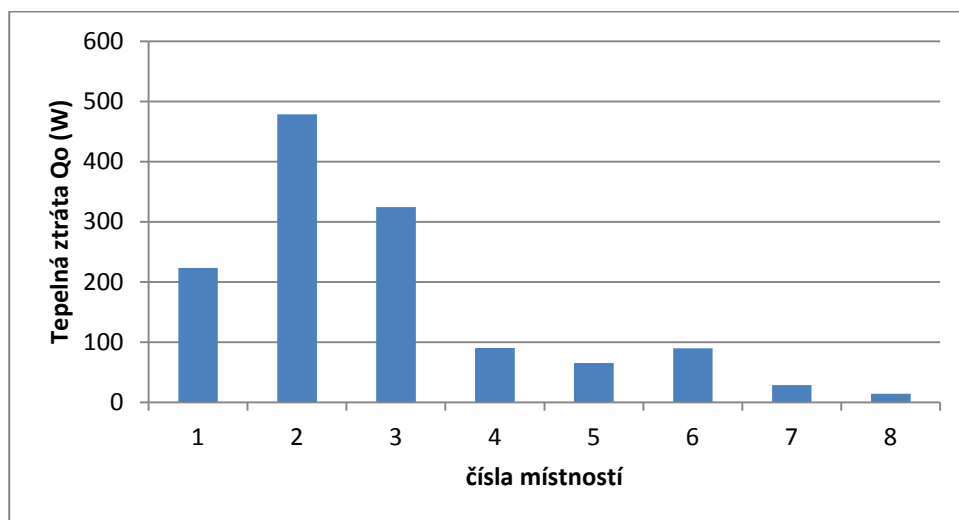
U podlahy se počítá s vnější výpočtovou teplotou 5 °C [6].

Tepelná ztráta prostupem tepla přes podlahu se počítá stejně jako u stěny. Jednotlivé hodnoty tepelných ztrát jsou uvedeny v tabulce 10.

Po dosazení do vzorce (7)

$$Q_0 = 223,10 + 478,29 + 324,48 + 90,24 + 65,28 + 89,98 + 28,36 + 14,08 = 1313,804 \text{ [W]}$$

Graf 3. Tepelné ztráty prostupem tepla podlahou



7.7 Tepelná ztráta prostupem tepla přes okna a dveře

Tabulka 11. Typy oken a dveří [5], součinitel tepelné vodivosti [9], [10], [11]

	Typ konstrukcí	k [W/(m ² .K)]
1	Dveře vchodové masiv 3,5mm, terasová a balkónová dveře s dvojsklem.	1,7/1,2
2	Dřevěná eurookna ALBO IV68/Velux GGL M06	1,2/1,4

Vzorový výpočet pro místnost 2.

Výpočet základní tepelné ztráty:

Po dosazení do vzorce (3)

$$S_{ok} = l_s \cdot h = 4 \cdot (1 \cdot 1,5) = 6 \quad [m^2]$$

$$S_d = l_d \cdot h = (1 \cdot 2,35) = 2,35 \quad [m^2]$$

$$Q_{o07} = k \cdot S_1 \cdot (t_i - t_e) = 1,2 \cdot 6 \cdot (20 - (-15)) = 252 \quad [W]$$

$$Q_{d07} = k \cdot S_1 \cdot (t_i - t_e) = 1,2 \cdot 2,35 \cdot (20 - (-15)) = 98,7 \quad [W]$$

Tabulka 12. Základní tepelná ztráta [3], [4], [5]

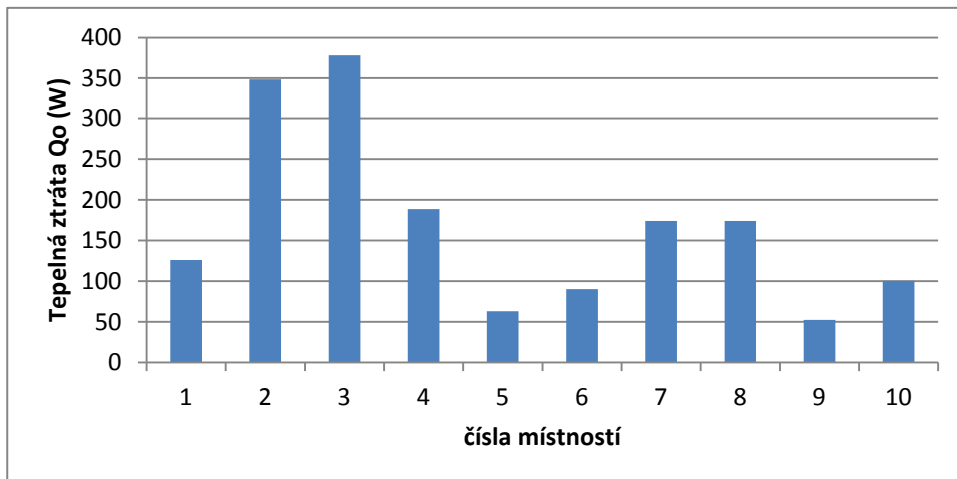
	Místnost	t_i [°C]	t_{es} [°C]	S [m ²]	k [W/(m ² .K)]	Q_o [W]
1	Pracovna	20	-15	3	1,2	126,00
2	Obývací pokoj	20	-15	6/2,35	1,2/1,2	252/98,7=348,7
3	Kuchyň	20	-15	9	1,2	378,00
4	Předsíň	20	-15	3,17	1,7	188,62
5	Technická míst.	20	-15	1,5	1,2	63,00
6	Dětský pokoj č.1	20	-15	1,84	1,4	90,16
7	Dětský pokoj č.2	20	-15	1,84/2	1,4/1,2	90,16/84=174,16
8	Ložnice	20	-15	1,84/2	1,4/1,2	90,16/84=174,16
9	Šatna	20	-15	1,25	1,2	52,50
10	Koupelna č.2	24	-15	1,84	1,4	100,46

Tepelná ztráta se vypočte stejně jako u stěny, podlahy a stropu. Jednotlivé hodnoty tepelných ztrát jsou uvedeny v tabulce 12.

Po dosazení do vzorce (7)

$$\begin{aligned} Q_o &= Q_{o1} + Q_{o2} + Q_{o3} + Q_{o4} + Q_{o5} + Q_{o6} + Q_{o7} + Q_{o8} + Q_{o9} + Q_{o10} = \\ &= 126,00 + 348,70 + 378 + 188,62 + 63,00 + 90,16 + 174,16 + 174,16 + 52,50 + 100,46 = \\ &= 1695,76 [W] \end{aligned}$$

Graf 4. Tepelné ztráty přes okna a dveře



7.8 Tepelná ztráta větráním

Vzorový výpočet pro místnost 2.

Tepelná ztráta se vypočítá ze vztahu (8)

$$Q_v = 1300 \cdot V_v \cdot (t_i - t_{es}) = 1300 \cdot 0,01496 \cdot (20 - (-15)) = 680,68 \quad [W]$$

Při přirozené infiltraci se objemový tok větracího vzduchu stanoví ze vztahu (9)

$$V_{vp} = \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M = (1,4 \cdot 10^{-4} \cdot 26,7) \cdot 8 \cdot 0,5 = 0,01495 \quad [m^3/s]$$

Kontrola intenzity výměny vzduchu infiltrací se vypočte ze vztahu (10)

$$n = \frac{3600 \cdot \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M}{V_m} = \frac{3600 \cdot (1,4 \cdot 10^{-4} \cdot 26,7) \cdot 8 \cdot 0,5}{64,8} = 0,831$$

$$[h^{-1}]$$

To je z hygienického hlediska dostačující, minimální intenzita musí být nejméně $0,5 h^{-1}$. Není potřeba větrat.

Objemový tok větracího vzduchu vypočteme ze vztahu (11)

$$V_v = \frac{n}{3600} \cdot V_m = 0,01496 \quad [m^3/s]$$

Tabulka 13. Základní tepelná ztráta [3], [4], [5]

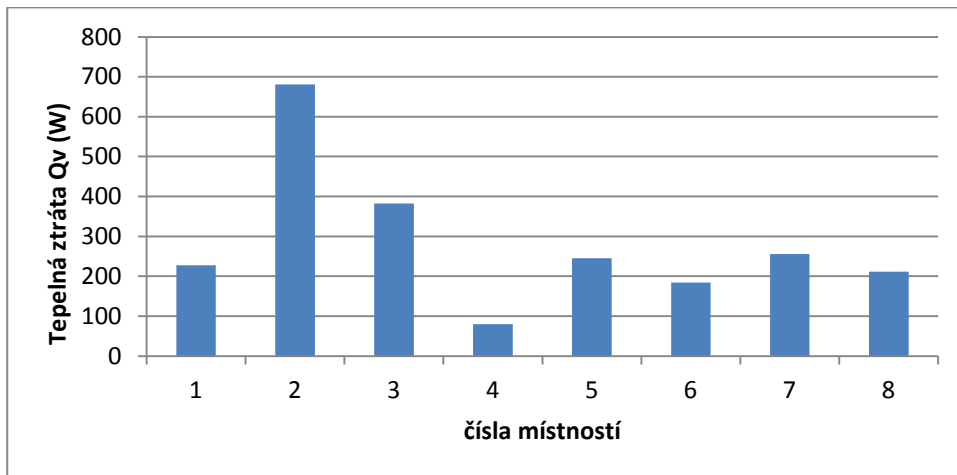
	Místnosti	$t_i [^{\circ}C]$	$t_{es} [^{\circ}C]$	$S [m^2]$	$Q_v [W]$
1.	Pracovna	20	-15	36,01	227,56
2.	Obývací pokoj	20	-15	64,80	680,68
3.	Kuchyň+jídelní kout	20	-15	47,48	382,20
5.	Technická místnost	20	-15	9,30	80,26
9.	Dětský pokoj č.1	20	-15	32,04	244,82
10.	Dětský pokoj č.2	20	-15	38,74	184,07
11.	Šatna	20	-15	16,41	255,43
12.	Ložnice	20	-15	40,42	211,13
13.	Koupelna č.2	20	-15	33,41	155,82

Tepelné ztráty větráním se vypočítají stejně jako u stěny, podlahy a stropu. Jednotlivé hodnoty tepelných ztrát jsou uvedeny v tabulce 13.

Dle vzorce (7)

$$\begin{aligned} Q_o &= Q_{o1} + Q_{o2} + Q_{o3} + Q_{o4} + Q_{o5} + Q_{o6} + Q_{o7} + Q_{o8} + Q_{o9} = \\ &= 227,56 + 680,68 + 382,20 + 80,26 + 244,82 + 184,07 + 255,43 + 211,13 + 155,82 \\ &= 2421,97W \end{aligned}$$

Graf 5. Tepelné ztráty větráním



Tepelný zisk:

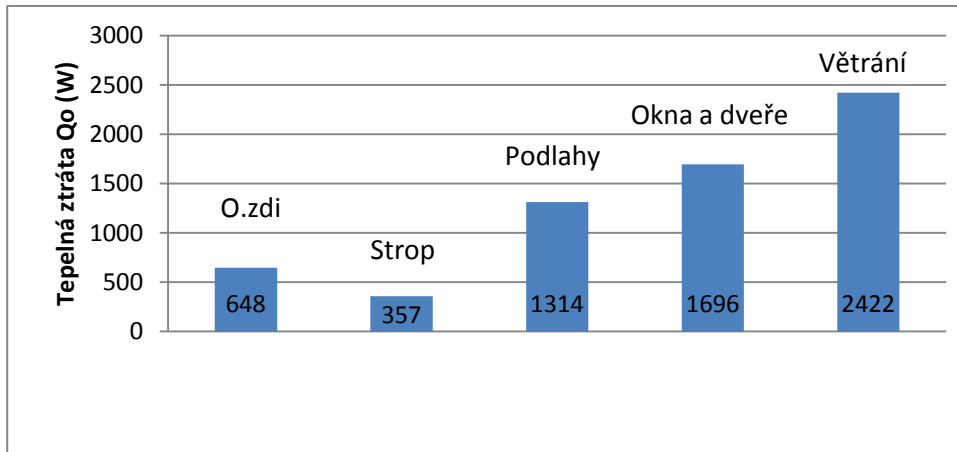
Zisk spotřebičů činí (cca 150 W/dům), zisk od lidí (70 W/osobu). Odhadem dle literatury [8] jsem spočetl tepelný zisk na 430W.

7.9 Celková tepelná ztráta

Celková tepelná ztráta Q_c se vypočítá jako součet tepelných ztrát prostupem Q_o a tepelných ztrát větráním Q_v , hodnota je snížena o trvalé zisky Q_z

$$Q_c = (Q_{o.obvodovýchzdí} + Q_{o.stropu} + Q_{o.podlahy} + Q_{o.okna,dveře}) + Q_v - Q_z$$
$$Q_c = (648 + (122 + 167) + 1314 + 1696) + 2422 - 430 = 5939W$$

Graf 6. Tepelné ztráty typového domu



Výpočtové vztahy (1 ÷ 11) použity v této kapitole, jsou uvedeny v literatuře [6].

8. Spalovací zdroje pro vytápění rodinného domu

Pro celkovou tepelnou ztrátu cca 6 kW navrhuji kotle, pokrývající výkonem tuto tepelnou ztrátu. Návrhy jsou pro základní druhy paliv.

8.1 Kotle na plynná paliva

U kondenzačních kotlů se účinnost pohybuje v rozmezí 97,5 - 108,2 %. Dle literatury [17].

8.1.1 Kz 24 R

- **Palivo: Zemní plyn**
- **Výrobce: Dakon**
- **Cena: od 39 556 Kč**

Je to nástěnný plynový kondenzační kotel. Vhodný je především pro nízkoteplotní provoz při teplotě vratné vody nižší, než je rosný bod vodní páry obsažené ve spalinách. V tomto režimu dokáže kondenzační kotel využít i tepelnou energii vodní páry, která u kotlů s tradičním spalováním uniká komínem do atmosféry. Využívá výhody mikroprocesoru elektroniky a zároveň všech konstrukčních řešení, které byly při jeho vývoji použity. Výstupní teplota spalin je cca 45°C. Ke kotli konstruovaném bez ohřevu TUV lze snadno připojit přístavný zásobník TUV. Informace použity z literatury [12] [13].

Tabulka 14. Parametry kotle Kz 24 R

Jednotka		
kW	Pracovní rozsah plynule regulace 40/30 °C	8,1–21,8
kW	Pracovní rozsah plynule regulace 80/60 °C	3,3–13,0
%	Účinnost	97-109
mbar	Jmenovité příp. přetlak zemního plynu	17–25
mbar	Jmenovité příp. přetlak propanu	37
W	Příkon (1 f/230V)	108
mm	Hmotnost kotle bez obalu	45
mm	Výška	850
mm	Šířka	440
mm	Hloubka	350

8.1.2 NAOS K4 H

- **Palivo: Zemní plyn, Propan**
- **Výrobce: Viadrus**
- **Cena: od 18 733 Kč**

Kotel je vyráběn ve výkonu od 5 do 24 kW. NAOS K4 je řada nástěnných kondenzačních kotlů. Výměník kotle je vyrobený z kvalitní nerezové oceli. Kotle jsou dodávány ve 3 variantách: pouze pro vytápění bez možnosti ohřevu teplé vody, s průtokovým ohřevem teplé vody a s přípravou na připojení externího nepřímotopného zásobníku. V nabídce jsou 2 možnosti řízení s elektronikou SIT a Honeywell. Informace použity z literatury [14].

Tabulka 15: Parametry kotle NAOS K4 H

Jednotka		
	Třída NO_x	5
kW	Výkonný rozsah kotle	5-24
kW	Jmenovitý výkon 50/30 °C	24
%	Účinnost	97-109
°C	Maximální teplota spalin	85
W	El. Příkon včetně čerpadla	110
kg	Hmotnost kotle bez obalu	26
mm	Výška	720
mm	Šířka	460
mm	Hloubka	320

8.2 Kotle na pevná paliva

8.2.1 C 16

- **Palivo: černé uhlí, hnědé uhlí**
- **Výrobce: Benekov**
- **Cena: od 65 657 Kč**

Kotel BENEKOV C 16 má nejširší uplatnění pro vytápění rodinných domů. Lze jej použít pro vytápění menších objektů s tepelnou ztrátou do 20 kW. Mechanický přísun paliva z vestavěného zásobníku do spalovací komory. 3 - tahová konstrukce výměníku zaručující vysokou účinnost. Nadstandardně velký popelník a zásobník paliva ve srovnání s alternativními výrobky na trhu. Řídicí jednotka Siemens Climatix 2 umožňuje ovládání 2 topných okruhů, má v základu ekvitermní regulaci a umožňuje ovládat kotel pomocí vzdáleného přístupu přes Internet. Tato řídicí jednotka patří mezi špičku v celé Evropě. Ke kotli lze dokoupit: odpopelňovač, automatické čištění výměníku, záložní zdroje, komínovou klapku. Informace použity z literatury [15].

Tabulka 16. Parametry kotle C 16

Jednotka		
	Třída kotle dle ČSN EN 303-5	4
kW	Jmenovitý výkon	19
%	Účinnost	< 89
dm ³	Kapacita zásobníku paliva	330
°C	Doporučená provozní teplota topné vody	65-80
°C	Nejmenší teplota vstupní vody	60
W	El. Příkon při plném výkonu kotle	42
kg	Hmotnost kotle	340
mm	Výška	1399
mm	Šířka	1279
mm	Hloubka	1036

8.2.2 Ekoret

- **Palivo: černé uhlí, hnědé uhlí, pelety**
- **Výrobce: Viadrus**
- **Cena: od 63 615 Kč**

Pro spalování pelet, černého i hnědé uhlí je využíván univerzální retortový hořák umístěný v podstavci kotle, do kterého je palivo přiváděno šnekovým podavačem. Kotle jsou dodávány s modulační řídicí jednotkou Siemens SAPHIR s možností ekvitermní regulace, nezávislé přípravy teplé vody a zapojení více topných okruhů. Předností kotle je široká palivová základna snižující závislost na dodavateli paliv. Samozřejmostí je ochrana proti prohoření paliva i během výpadku elektrického proudu. U otevřených topných systémů není nutné zabezpečovací zařízení proti přetopení kotle. Kotel je vyráběn ve výkonu od 4,5 do 25 kW. Informace použity z literatury [14].

Tabulka 17. Parametry kotle Ekoret

Jednotka		
ks	Počet článku	3
	Třída kotle dle ČSN EN 303-5	3
kW	Jmenovitý výkon–černé uhlí, hnědé uhlí, dřevní pelety	15
Kg/hod.	Spotřeba paliva- černé uhlí, hnědé uhlí, dřevní pelety	2,58/3,34 /3,34
%	Účinnost-černé uhlí	< 83,2
%	Účinnost-hnědé uhlí	< 84,3
%	Účinnost-dřevní pelety	< 84,7
dm ³	Kapacita zásobníku paliva	330
°C	Doporučená provozní teplota topné vody	50-85
°C	Nejmenší teplota vratné vody	45
W	El. Příkon při plném výkonu kotle	100
kg	Hmotnost kotle	359
mm	Výška	1592
mm	Šířka	1867
mm	Hloubka	693

8.2.3 KP Pyro F 21

- **Palivo: Dřevo**
- **Výrobce: Dakon**
- **Cena: od 32 099 Kč**

Zplynovací, resp. pyrolytický kotel KP Pyro má speciální robustní konstrukci a je určen pro spalování suchého kusového dřeva s vlhkostí do 20 %. Nastavení primárního a sekundárního vzduchu umožňuje použít kotel pro spalování tvrdého i měkkého dřeva. Primární vstup vzduchu ovlivňuje výkon kotle a sekundární vstup upravuje kvalitu a účinnost spalování. Kotel je vybaven řídicí elektromechanickou jednotkou, která zajišťuje bezpečný provoz, šetří energii a prodlužuje životnost s vysokým uživatelským komfortem. Palivo se přikládá v průměru 2 – 5krát denně podle druhu použitého dřeva a popel stačí vybrat za 2 až 7 dní podle intenzity provozu. Informace použity z literatury [12].

Tabulka 18. Parametry kotle KP Pyro F 21

Jednotka		
	Třída kotle dle ČSN EN 303-5	3
kW	Jmenovitý výkon	21
Kg/hod.	Spotřeba paliva	6,7
%	Účinnost kotle	78
°C	Rozsah teploty topné vody	70 až 90
°C	Nejmenší teplota vratné vody	45
l	Vodní objem kotle	73
mm	Maximální délka polen	400
W	El. Příkon	90
kg	Hmotnost kotle bez vody	310
mm	Výška plnicího otvoru	430
mm	Šířka plnicího otvoru	240

8.3 Kotle na kapalná paliva

8.3.1 Hercules U 22 PN

- **Palivo: Ojel, zemní plyn**
- **Výrobce: Viadrus**
- **Cena: od 25 159 Kč**

Varianta kotle Hercules U 22 P je určena pro spalování plynných paliv, varianta Hercules U 22 N pak pro spalování kapalných paliv. Kotel je určen pro zapojení do nízkotlakých teplovodních soustav ústředního vytápění s maximální teplotou teplotnosné látky do 90°C. Vysoká životnost českého litinového výměníku. Nízká náročnost na komínový tah. Možnost samotížného provozu. Plně automatický dvoustupňový provoz u vybraných typů hořáků. Kotel lze ovládat prostřednictvím nadřazené automatiky nebo teplotního čidla. Informace použity z literatury [14].

Tabulka 18. Parametry kotle Hercules U22 PN

Jednotka		
ks	Počet článku	4
	Třída kotle dle ČSN EN 303-5	3
kW	Jmenovitý výkon	23,3
Kg/hod.	Spotřeba paliva-	3
%	Účinnost-černé uhlí	89
dm ³	Objem vodního prostoru	36,2
°C	Doporučená provozní teplota topné vody	60-80
°C	Doporučená teplota vratné vody	60
W	El. příkon (bez příkonu hořáku)	<100
kg	Hmotnost kotle	252
mm	Výška	990
mm	Šířka	520
mm	Hloubka	530

8.4 Porovnání kotlů

Celoroční spotřeba tepla:

$$Q_r = Q_{\text{celkove}} \cdot H \cdot D \cdot 3,6 = 5,939 \cdot 12 \cdot 229 \cdot 3,6 = 58753 \text{ [MJ / rok]} \quad (12)$$

kde: Q_{celkove} je celková tepelná ztráta, [W]
 H počet topných hodin, [hod]
 D počet dní topné sezony. [den]

Výpočet proveden pro kotel C 16 spalující černé uhlí.

Spotřeba paliva pro pevná a kapalná paliva:

$$m_{\text{pal}} = \frac{Q_r}{Q_i \cdot \eta_k} = \frac{58753}{25,1 \cdot 0,89} = 2630 \text{ [kg / rok]} = 2,63 \text{ [t / rok]} \quad (13)$$

Kde: Q_i je výhřevnost paliva, [MJ / kg]
 η_k účinnost kotle. [%]

Energie dodaná za rok:

$$Q_{r-p} = Q_{\text{celkove}} \cdot H \cdot D \cdot \eta_k = 5,939 \cdot 12 \cdot 229 \cdot 0,985 = 16,08 \text{ [MWh / rok]} \quad (14)$$

Roční náklady pro tuhá a kapalná paliva/ pro plynná paliva:

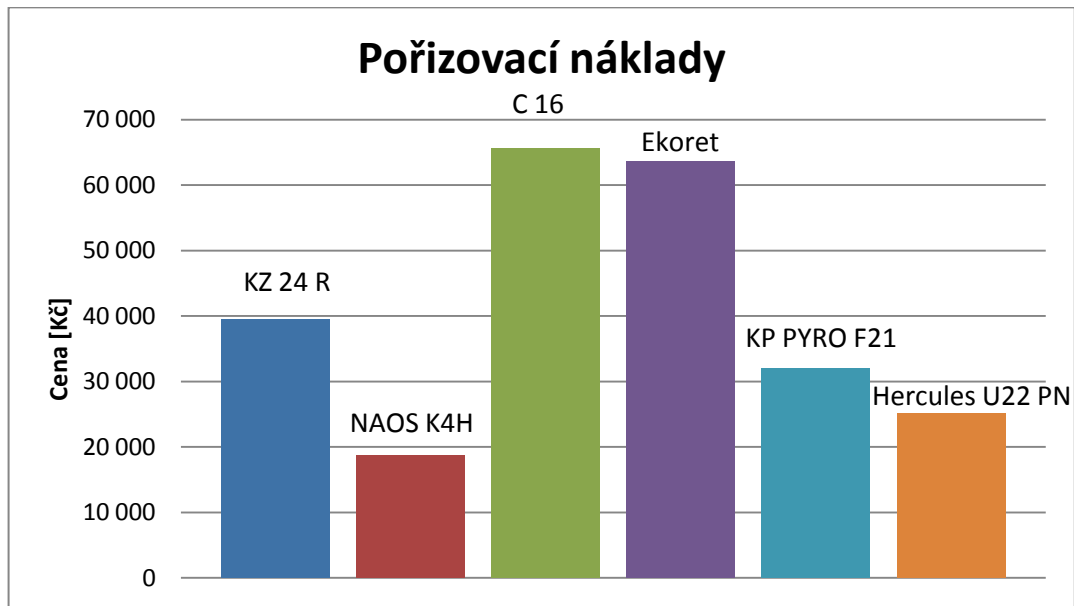
$$N_{p-\text{rok}} = m_{\text{pal}} \cdot \text{cena}_{\text{paliva}} = 2,63 \cdot 4800 = 12624 \text{ [Kč / rok]}$$

$$N_{p-\text{rok}} = Q_{r-p} \cdot \text{cena}_{\text{paliva}} = 16,08 \cdot 1543 = 24811 \text{ [Kč / rok]} \quad (15)$$

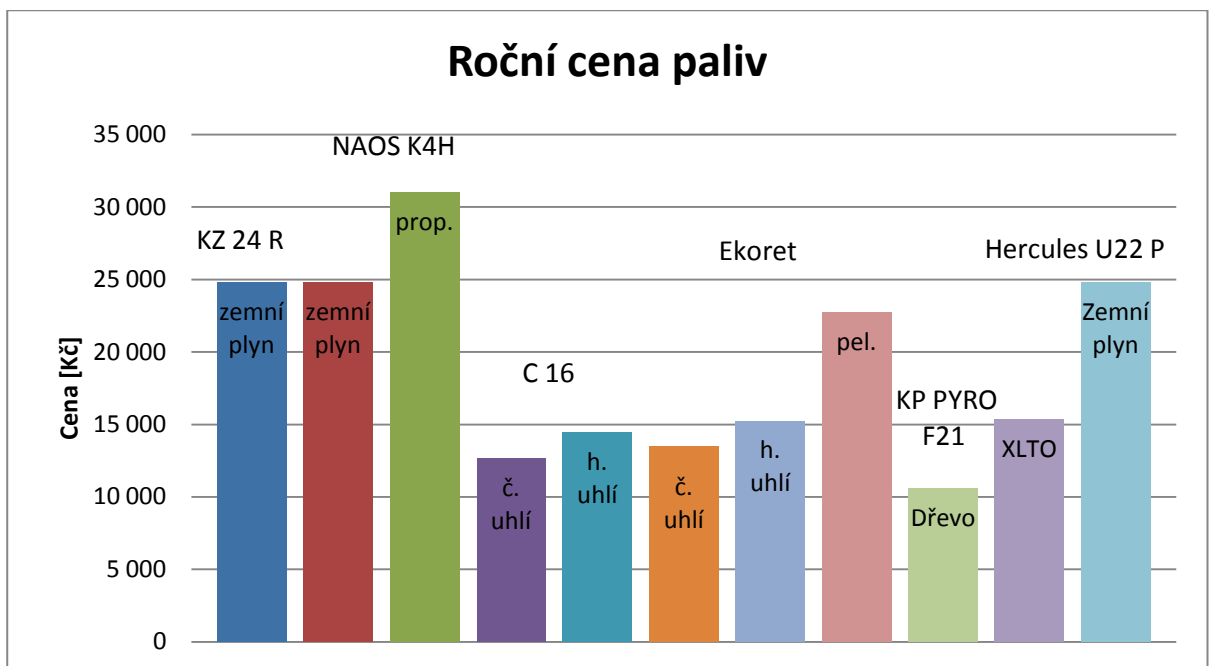
Tabulka 19. Roční náklady

Typ kotle	Pořizovací náklady [Kč]	Cena paliva [Kč/t], [Kč/l], [Kč/MWh]	Palivo	η_k [%]	Q_i [MJ/kg], [MJ/m ³]	m_{pal} [t/rok], [l/rok] Q_{r-p} [MWh/rok]	Roční náklady [Kč]
KZ 24 R	39 556	1543	Zemní plyn	98,5	34,05	16,08	24 811
NAOS K4H	18 733	1543	Zemní plyn	98,5	34,05	16,08	24 811
		2400	Propan		46,40	1,29	31 009
C16	65 657	4800	Uhlí č.	89	25,10	2,63	12 624
		3300	Uhlí h.		15,10	4,37	14 421
Ekoret	63 615	4800	Uhlí č.	83,2	25,10	2,81	13 502
		3300	Uhlí h.	84,3	15,10	4,62	15 233
		5400	Pelety	84,7	16,50	4,20	22 702
KP PYRO F 21	32 099	2000	Dřevo obecně	78	14,25	5,29	10 572
HERKULES U22 PN	25 159	10,95	XLTO	89	43,00	1535,20	15 352
		1543	Zemní plyn		34,05	16,08	24 811

Graf 7. Pořizovací náklady na jednotlivé kotle



Graf 8. Roční cena spotřebovaného paliva





Obr. 1 KZ 24 R



Obr. 2 NAOS K4 H



Obr. 3 C16



Obr. 4 Ekoret



Obr. 5 KP Pyro F21



Obr. 6 Hercules U 22 PN

9. Závěr

V úvodu bakalářské práce jsem se zabýval palivy, které by mohly být spalovány v navrhovaném spalovacím zařízení pro rodinný dům. Zabýval jsem se především jejich fyzikálními a chemickými vlastnostmi, výhřevností a cenou. V dnešní době je také populární trend nárůstu využití biomasy. Proto jsem věnoval pozornost také kotlům spalujícím dřevo a pelety.

V další části jsem se zabýval výpočtem celkové tepelné ztráty rodinného domu. K dispozici jsem měl projektovou dokumentaci domu a postupoval jsem dle normy ČSN 06 0210. Dům byl postaven před sedmi lety, je zateplený a dobře izolovaný. Celková energetická ztráta činí 5,939 [kW]

Cílem mé bakalářské práce bylo navržení spalovacího zařízení pro pokrytí této tepelné ztráty při vytápění. Typy kotlů v odpovídající výkonové řadě jsem hledal u tří výrobců: Dakon, Viadrus a Benekov. Jako nejvýhodnější typ se jeví kotel KP Pyro F21 výrobce Dakon, který má jedny z nejnižších pořizovacích nákladů 32 099,-Kč a díky tomu, že spaluje dřevo tak i nejnižší roční náklady na palivo 10 572,- Kč.

10. Seznam použité literatury

[1] DUFKA, J.: Vytápění domů a bytů. II. vydání, Praha: Grada Publishing, s.r.o. 2004.

[2] DUFKA, J.: Vytápění netradičními zdroji. Praha: BEN - technická literatura. 2003.

[3] MRÁZEK, K.: Moderní vytápění bytů a domů. Praha: SNTL. 1986.

ČSN pro výpočet tepelných ztrát budov.

[4] Marcela, P., Lea, T.: Vytápění - Tepelná pohoda za minimální náklady. Brno: Computer Press. 2011

[5] Technická dokumentace domu

[6] ČSN 06 0210 - Výpočet tepelných ztrát budovy při ústředním vytápění

[7] <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/32-soucinitel-prostupu-tepla-a-soucinitel-sparove-pruvzdušnosti-okna-a-dveri-dle-csn-73-0540>

[8] <http://www.tzb-info.cz/3065-tepelne-zisky-od-vnitřnich-zdroju>

[9] <http://www.dare.cz/vchodove-dvere.html>

[10] <http://stresni-okna.heureka.cz/velux-ggl-3073-m06-78x118/specifikace/#section>

[11] <http://www.albo.cz/drevena-okna-iv68styl/>

[12] <http://www.dakon.cz>

[13] <http://kotle.heureka.cz/dakon-kz-24-r/specifikace/#section>

[14] <http://www.viadrus.cz>

[15] <http://www.benekov.cz>

[16] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-415>

[17] <http://vytapani.tzb-info.cz/kondenzace/8466-stanoveni-ucinnosti-a-stupne-vyuziti-nizkoteplotnich-a-kondenzacnich-kotlu>

Poděkování

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Tomáši Výtiskovi , Ph.D. za jeho pomoc při psaní této práce.

11. Seznam příloh

Příloha 1.

Pohled na dům z jižní strany

Pohled na dům z východní strany

Příloha 2.

Výkresy podkroví a prvního patra

Příloha 1.

