

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ DOMOVA PRO SENIORY
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracoval:

Eva Jakšová

Vedoucí práce:

Ing. Zuzana Veverková, Ph.D.

2019/2020



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Jakšová Jméno: Eva Osobní číslo: 458696
Zadávající katedra: K125 Katedra technických zařízení budov
Studijní program: (B3651) Stavební inženýrství
Studijní obor: (3608R008) Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Vytápění a větrání domova pro seniory
Název bakalářské práce anglicky: Heating and ventilation of retirement home
Pokyny pro vypracování:
Zpracujte projektovou dokumentaci vytápění na úrovni rozšířené dokumentace pro stavební povolení dle vyhlášky 499/2006 Sb. Projekt dokumentujte půdorysy, řezy, výpočty a technickou zprávou.

V prohlubující části zpracujte variantní řešení zdroje tepla pro zadanou budovu, včetně jejich vyhodnocení a volby vhodné varianty. Zpracujte koncepční návrh větrání zadaného objektu ve formě půdorysů a potřebných základních výpočtů.

Seznam doporučené literatury:

prof. Ing. K.Kabele, CSc. a kol.: Energetické a ekologické systémy 1 - skripta ČVUT
Papež, Vyoralová, Marková, Garlík, Jokl: Energetické a ekologické systémy budov 2. - skripta ČVUT
Bašta, J., Kabele, K. - Otopné soustavy teplovodní (sešit projektanta) STP
ČSN EN 15665 Větrání budov
ČSN EN 12828+A1 Tepelné soustavy v budovách - Navrhování teplovodních otopných soustav, ČNI, 2014

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Zuzana Veverková, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 18.2.2020 Termín odevzdání bakalářské práce: 17.5.2020
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, pouze za odborného vedení bakalářské práce Ing. Zuzany Veverkové, Ph.D.

Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpala, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze dne

Eva Jakšová

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala mé rodině za ohromnou podporu při vypracování bakalářské práce. Zároveň bych chtěla poděkovat mé vedoucí bakalářské práce paní Ing. Zuzaně Veverkové, Ph.D., za věcné připomínky, čas strávený konzultacemi a ochotu při vedení a vypracování této bakalářské práce.

V Praze dne

Eva Jakšová

Obsah

Abstrakt	6
1. Úvod	7
2. Tepelně technické parametry budovy	8
2.1. Vnější výpočtová teplota	8
2.2. Vnitřní výpočtová teplota	9
2.3. Obvodový plášť budovy	9
3. Mikroklima budovy	10
3.1. Tepelně vlhkostní mikroklima	10
3.2. Oděrové mikroklima	11
3.3. Akustické mikroklima	11
3.4. Mikrobiální mikroklima	12
3.5. Ionizační mikroklima	12
3.6. Aerosolové mikroklima	12
4. Vytápění	13
4.1. Varianty zdroje otopné soustavy	13
4.1.1. Kotle	13
4.1.2. Tepelné čerpadlo	15
4.1.3. Fototermické kolektory	17
4.2. Vyhodnocení	18
4.3. Návrh vytápění pro daný objekt	19
5. Větrání	20
5.1. Požadavky na větrání	20
5.2. Způsoby větrání	20
5.2.1. Přirozené větrání	20
5.2.2. Nucené větrání	21
5.3. Návrh koncepce větrání pro daný objekt	23
6. Závěr	25
7. Seznam použitých zdrojů	26

Abstrakt

Tématem mé bakalářské práce je vytápění a větrání domova pro seniory. Cílem práce je navrhnout optimální řešení otopné soustavy založené na nejvhodnějším výběru zdroje tepla a zpracování koncepčního návrhu větrání daného objektu. Práce se skládá ze dvou hlavních částí – teoretické a praktické. Teoretická část obsahuje stručné informace o tepelně technických parametrech budovy, způsobu vytápění včetně jejich vyhodnocení a zvolení nejvhodnější varianty, základní informace o větrání a rozdělení větracích systémů. Textová část se plně prolíná s praktickou částí. Praktická část vytápění obsahuje výpočty potřebné k návrhu otopného systému, technické listy, technickou zprávu a výkresy potřebné pro rozšířenou dokumentaci pro stavební povolení. V praktické části větrání je zpracován koncept varianty větracího systému, základní výpočty, výkresy a technické listy.

Klíčová slova

Vytápění, větrání, domov pro seniory, otopná soustava, zdroje tepla, koncept větrání

Abstract

The topic of my bachelor thesis is heating and ventilation of a retirement home. The aim of the work is to design an optimal solution of the heating system based on the most suitable choice of heat source and processing of the conceptual design of ventilation of the building. The work consists of two main parts - theoretical and practical. The theoretical part contains brief information about the thermal technical parameters of the building, the method of heating, including their evaluation and selection of the most suitable variant, basic information about ventilation and distribution of ventilation systems. The text part is fully intertwined with the practical part. The practical part of heating contains the calculations needed to design the heating system, technical sheets, technical report and drawings needed for extended documentation for building permits. In the practical part of ventilation, the concept of the ventilation system variant, basic calculations, drawings and technical sheets are elaborated.

Keywords

Heating, ventilation, retirement home, heating system, concept of ventilation

1. Úvod

Ve své bakalářské práci jsem se zaměřila na vytápění a větrání domova pro seniory. Senioři tráví většinu svého času ve svých bytech, proto tato oblast je velice důležitá k zajištění správného mikroklima a tepelné pohody uživatele, aby se cítili komfortně, neměli pocit chladu či nadměrného tepla.

Hlavním cílem oblasti vytápění je zajištění pokrytí tepelných ztrát objektu, které jsou způsobené prostupem konstrukcí či větráním. Už v dřívějších dobách člověk řešil, jakým způsobem lze zlepšit tepelné podmínky ve svém obydlí, aby v zimních měsících snížil důsledky nepříznivých klimatických podmínek na tepelnou pohodu. V dnešní době je také velmi probírané téma větrání. Základním důvodem řešení je najít bilanci s co nejmenším množstvím energie na přívod čerstvého vzduchu do interiéru a odvod znehodnoceného vzduchu do exteriéru.

V teoretické části mé bakalářské práce dochází k shrnutí tepelně technických parametrů a mikroklimatu budovy. Dále jsou zde uvedeny varianty zdroje otopných systémů, jejich celkové zhodnocení a výběr zdroje pro projekt domova pro seniory. Navazující část se věnuje konceptu větrání obytných budov, shrnutí základních typů větrání a popis konceptu větrání na daném objektu domova pro seniory.

Praktická část bakalářské práce se zabývá návrhem vytápění a větrání v objektu domova pro seniory v Praze. Je zde zahrnutý výpočet tepelných ztrát objektu, návrh množství větracího vzduchu a další výpočty potřebné k návrhu otopného systému a konceptu vzduchotechniky v objektu.

2. Tepelně technické parametry budovy

2.1. Vnější výpočtová teplota

Významným faktorem, který ovlivňuje výpočet tepelné ztráty objektu a potřebu energie na vytápění je venkovní výpočtová teplota lokality, kde se nachází. Venkovní teplota je velmi proměnná a je odvozena z dlouhodobých průměrů měření pěti nejchladnějších dnů. Pro místa v oblasti s nadmořskou výškou vyšší než 400, resp. 600 nebo 800 m se snižuje výpočtová teplota o 3 °C. U některých oblastí je zohledněno zvýšené zatížení větrem. [1]

Lokalita (místo měření)	Nadmořská výška	Venkovní výpočtová teplota	Otopné období pro					
			$t_{em}=12\text{ °}$		$t_{em}=13\text{ °}$		$t_{em}=15\text{ °}$	
	h	t_e	t_{es}	d	t_{es}	d	t_{es}	d
	[m]	[°C]	[°C]	[dny]	[°C]	[dny]	[°C]	[dny]
Benešov	327	-15	3,5	234	3,9	245	5,2	280
Beroun (Králov Dvůr)	229	-12	3,7	225	4,1	236	5,3	268
Blansko (Dolní Lhota)	273	-15	3,3	229	3,7	241	5,1	275
Brno	227	-12v	3,6	222	4,0	232	5,1	263
Bruntál	546	-18v	2,7	255	3,3	271	4,8	315
Břeclav (Lednice)	159	-12	4,1	215	4,4	224	5,2	253
Česká Lípa	276	-15	3,3	232	3,8	245	5,1	282
České Budějovice	384	-15	3,4	232	3,8	244	5,1	279
Český Krumlov	489	-18v	3,1	243	3,5	254	4,6	288

Tab. 1 – Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit [2]

Nadmořská výška [m.n.m.]	Výpočtová teplota [°C]	Zvýšení výpočtové teploty [°C]
Nad 400	-12	-15
Nad 600	-15	-18
Nad 800	-18	-21

Tab. 2 – Výpočtové venkovní teploty v České republice podle nadmořské výšky [1]

2.2. Vnitřní výpočtová teplota

Jednotlivé vytápěné místnosti v bytových domech mají předepsané vnitřní výpočtové teploty vzduchu. Otopný systém musí být navržen tak, aby bylo možno dosáhnout vnitřní výpočtové teploty při nejnižší vnější výpočtové teplotě. [1]

	Vnitřní výpočtová teplota v otopném období dle vyhlášky 194/2007 Sb. a normy ČSN EN 12 831 [°C]
Obývací místnosti (obývací pokoj, ložnice, jídelna, pracovna, atd.)	20
Kuchyně	20
Koupelna	24
Klozet	20
Vytápěné vedlejší místnosti	15
Vytápěná schodiště	10

Tab. 3 – Vnitřní výpočtové teploty v otopném období [1]

Dle tabulky v normě ČSN 06 0230 lze stanovit teplotu přilehlé zeminy ke stavebním konstrukcím.

Poloha přilehlé zeminy	Teplota přilehlé vrstvy t_{ez} [°C] při venkovní výpočtové teplotě t_e [°C]			
	-12	-15	-18	-21
Pod podlahou	+5	+5	+5	+5
U svislé stěny do hloubky 1 m	-3	-3	-6	-6
U svislé stěny v hloubce 1 až 2 m	0	0	-3	-3
U svislé stěny v hloubce 2 až 3 m	+3	+3	0	0
U svislé stěny v hloubce přes 3 m	+5	+5	+5	+5

Tab. 4 – Vnitřní výpočtové teploty v otopném období [1]

Dle normy ČSN EN 15 251 lze rozdělit vnitřní prostředí, vzhledem k úrovni očekávání obyvatel na jejich plnění, do čtyř kategorií.

Kategorie	Popis
I	Vysoká úroveň očekávání, doporučena pro prostory obsazené velmi citlivými osobami s křehkým zdravím a se zvláštními požadavky, např. osoby postižené, nemocné, velmi malé děti a starší osoby.
II	Běžná úroveň očekávání. Vhodné využití pro nové budovy a rekonstrukce.
III	Přijatelná až střední úroveň očekávání. Použitelná pro stávající budovy.
IV	Hodnoty mimo kritéria kategorie III. Použitelná pouze pro omezenou část roku.

Tab. 5 – Vnitřní výpočtové teploty v otopném období [1]

2.3. Obvodový plášť budovy

Součinitel prostupu tepla obvodového pláště a jeho další vlastnosti patří mezi velmi důležité parametry budovy. Tyto hodnoty jsou v dnešní době velmi sledovány a neustále

vylepšovány. Jsou velmi důležité pro následný tepelný výkon objektu a potřebu energie na vytápění. Objekty lze kategorizovat do nízkoenergetického nebo pasivního standardu. Hlavní požadavky součinitele prostupu tepla konstrukcí udává norma ČSN 730540-2. [1]

3. Mikroklima budovy

Mikroklima budovy je velice důležitý parametr, který má významný vliv na kvalitu života lidí. Vnitřní prostředí ovlivňuje naši výkonnost během dne, náladu či při vysoké koncentraci jednotlivých složek i zdraví, jelikož uvnitř budovy trávíme nejvíce svého času. V souvislosti s tímto problémem se můžeme setkat s pojmy SBS (Sick Building Syndrome) a BRI (Building Related Illnesses). Syndrom nemocných budov (SBS) je charakteristický stížnostmi uživatelů na nespecifikované nepříjemné stavy bez zjevné příčiny a jeho odstranění bývá poměrně náročným procesem. U Syndromu nemocí z budov (BRI) bývá příčina jasně definovaná – může to být např. průvan způsobující nachlazení, přítomnost zdraví škodlivých látek v ovzduší, špatný způsob osvětlení pracoviště; jeho odstranění a jeho náprava pak může být jednodušší. Celkovou pohodu prostředí ovlivňuje kromě teploty i působení hluku, osvětlení, barevnost, tlak vzduchu a koncentrace škodlivin. [3][4]

3.1. Tepelně vlhkostní mikroklima

Jedna z důležitých součástí celkové pohody prostředí je tepelná pohoda. O tepelné pohodě je tehdy, jestliže v daném prostředí nemáme pocit chladu, ani pocit nepříjemného tepla. Úkolem techniky prostředí je vytvořit vhodný tepelný stav prostředí. V běžných případech v zimním období stačí k zajištění tepelné pohody jen vytápění, jelikož rychlost proudění vzduchu je vyhovující a optimální rozmezí vlhkosti vzduchu je široké, takže jeho změny člověk málokdy pocítuje. [4]

Přístroje používající se k posouzení stavu tepelně vlhkostního mikroklimatu je kulový teploměr, psychrometr, anemometr nebo analyzátor interního mikroklimatu. [6]

Tepelný stav určují:

- Teplota vzduchu, teplota okolních ploch
- Rychlost proudění vzduchu v oblasti pobývání člověka
- Vlhkost vzduchu
- Tělesná aktivita člověka

	Jednotka	Topné období	Letní období
Operativní (výsledná) teplota t_o	°C	18–24	20–28
Rychlost proudění vzduchu w	m/s	≤ 0,1	0,16–0,25
Rozdíl teplot ve výši 1,7 a 0,2 m	°C	3	3
Teplota povrchu místnosti t_p	°C	19–28	–

Tab. 6 – Doporučené hodnoty tepelně-vlhkostního mikroklimatu pro obytné budovy [5]

Rozmezí relativní vlhkosti pro letní i zimní období se pohybuje mezi 30 a 70 %. S vyšší relativní vlhkostí se můžeme setkat v letním období, a naopak v zimních měsících díky suchému venkovnímu vzduchu bývá i relativní vlhkost v interiéru nízká. Vyšší vlhkost vzduchu může v zimních období způsobovat její srážení na chladnějších površích a následně docházet ke vzniku plísně. Vlhkostní problematice se věnuje zvýšená pozornost zejména v souvislosti se zvyšující se vzduchotěsností obvodového pláště budov. [5]

Zdroj vlhkosti	Produkce vodní páry
Metabolismus	50–250 g/hod/os (dle druhu činnosti)
Koupelny	700–2600 g/hod
Kuchyně	600–1500 g/hod
Sušení prádla	200–500 g/hod/5 kg

Tab. 7 – Hlavní zdroje vlhkosti v budově [5]

3.2. Odérové mikroklima

Odéry jsou plynné látky vyprodukované člověkem, uvolněné ze stavebních konstrukcí nebo zařizovacích předmětů. Kromě oxidu uhličitého se můžeme setkat i s antropoxiny (tělesné pachy), těkavé organické látky. Optimální koncentrace CO₂ by neměla překročit koncentraci 1200 ppm. Podle normy ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, musí být pro obytné budovy intenzita výměny vzduchu v rozmezí hodnot 0,3 až 0,6 h⁻¹. Kvalita vzduchu je subjektivní věc. Pocit tzv. vydýchaného vzduchu se objevuje při koncentraci CO₂ pod hranicí 0,07 %. Pocit tzv. dusna je v vyvolán účinkem vysoké teploty vnitřního vzduchu při vysoké relativní vlhkosti. [5][7]

3.3. Akustické mikroklima

Topný zdroj, otopný systém nebo vzduchotechnické zařízení se může stát zdrojem nebo nositelem hluchnosti v budově. Naměřené hodnoty hluku musí být v souladu s platnou legislativou. Pro hodnocení akustických poměrů slouží nařízení vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. [5]

Budova	Typ prostoru	Hladina akustického tlaku [dB]	
		Typický rozsah	Standardní návrhová hodnota
Obytná budova	Obývací pokoj	25 až 40	40
	Ložnice	20 až 35	32

Tab. 8 – Příklady návrhových hodnot hladiny akustického tlaku [5]

3.4. Mikrobiální mikroklima

Mikrobiální mikroklima je tvořena mikroorganismy, které ovlivňují lidské zdraví ve vnitřním prostředí budov. Sleduje se výskyt bakterií, plísní a roztočů. Kontrola kvality prostředí se provádí za podmínek vyhláškou stanovených ze dvou aeroskopem provedených odběrů vzduchu, kultivací na živné půdě. Požadavky na kvalitu prostředí u běžných staveb jsou splněny, pokud nepřekročí koncentrace bakterií nebo plísní 500 TKJ/m³ (kolonie tvořících jednotek) vzduchu. [9]

3.5. Ionizační mikroklima

Je tvořena zářením z přírodních radioaktivních látek nebo umělých zdrojů. Ve stavebnictví se jedná především vznik radioaktivních plynů z podlží nebo ze stavebních hmot. Vyhláška SUJB č. 184/1997 Sb. Stanovuje směrné hodnoty a opatření k minimalizaci účinku radonu větráním. U novostaveb se jedná o číslo 100 Bq·m⁻³ vzduchu. [5][9]

3.6. Aerosolové mikroklima

Aerosoly se v ovzduší vyskytují ve formě pevných částic (prachu), kapalných částic (mlha) nebo tzv. bioaerosol (viry, bakterie). Největší riziko přinášejí aerosolové částice ve velikostním v rozmezí 0,3 až 0,9 μm (prach, pyl, zvířecí alergen, výfukové plyny, výpary s laserových tiskáren a kopírek), které se usazují v průduškách a obtížně se vydechují. [5]

Zdroj škodlivin		Produkované škodliviny
Člověk	Látková výměna	CO ₂ , vodní pára, pachy
	Činnost člověka	Tabákový kouř, čisticí prostředky, prachové částice, chov domácích zvířat – srst
Stavební hmoty a vybavení	Dřevotříska	Aldehydy
	Plynový sporák	N ₂ O, CO
	Izolační hmoty	Aldehydy, azbest
	Nátěrové hmoty	Rozpouštědla, těžké kovy
	Vysoká vzdušná vlhkost	Spóry hub a plísní, roztoči

Tab. 9 – Zdroje a produkované škodliviny v budovách [5]

4. Vytápění

Hlavním úkolem vytápění je zajištění tepelné pohody v daném objektu. Pomocí teplotonosné látky dochází k distribuci tepla ze zdroje k spotřebiči tepla, které slouží k předání tepla do místnosti. Sdílení tepla může docházet pomocí sdílení, sálání nebo konvekce, kdy v praxi dochází ke kombinaci více způsobů. Klasická otopná tělesa mají velký podíl konvekce, kdy ohřívají především vzduchu v místnosti. Existuje několik druhů systémů vytápění, které se liší druhem teplotonosné látky, která přenáší teplo. Na výběr máme z teplotovzdušného vytápění, vodní otopné soustavy či parní otopné soustavy. Pro svůj projekt domova pro seniory jsem zvolila vodní otopnou soustavu.

4.1. Varianty zdroje otopné soustavy

V dnešní době zvyšování cen energie se klade veliký důraz na nárok energetické úspornosti budovy. Velkou roli ve výběru zdroje otopné soustavy hrají provozní a pořizovací náklady, výkon k pokrytí tepelných zdrát daného objektu, regulovatelnost, životnost či provozuschopných systému. V některých případech se vyplatí přistoupit ke kombinaci více zdrojů tepla, například kombinace se solární energií, která je v dnešní době velice populární vzhledem k tomu, že patří mezi obnovitelné zdroje.

4.1.1. Kotle

Kotle jsou nejčastějším zdrojem tepla pro ústřední vytápění. Kotle můžeme rozdělit podle několika hledisek – podle teplotonosné látky, provozních parametrů, primární energie, použitého materiálu teplosměnné plochy a podle tlaku ve spalovacím prostoru. Rozhodla jsme se použít pro mou bakalářskou práci rozdělení podle druhů paliva. [4]

Kotel na pevná paliva

Dříve se kotel na pevná paliva vybíral podle dostupnosti a ceně paliva a technologie nehrála vysoký podíl při rozhodování. V dnešní době dochází ke změně priorit a rozhodující se stává technologie (pořizovací a provozní náklady) a palivová univerzálnost, tedy možnost kombinace více druhů paliv. Nejdůležitější vlastností kotle je jeho schopnost řízení spalovacího procesu, tedy kontrola nad přísunem paliva a spalovacího vzduchu do ohniště. Technologie spalování určuje potenciál kotle z hlediska produkovaných emisí a z hlediska možnosti dosahovaných účinností. [10]

	hnědé uhlí	dřevní pelety	nedřevní pelety	kusové dřevo
emise CO [mg/m³] při referenčních 10 % O₂				
automatický	200–1000	100–600	300–4000	–
zplyňovací	200–7000	–	–	200–6000
odhořivací	5000–15000	–	–	4000–15000
prohořivací	20000–30000	–	–	5000–25000
emise TZL [mg/m³] při referenčních 10 % O₂				
automatický	10–80	10–100	30–150	–
zplyňovací	30–150	–	–	20–150
odhořivací	50–200	–	–	50–250
prohořivací	200–300	–	–	50–350
účinnost [%]				
automatický	75–85	80–90	75–85	–
zplyňovací	70–80	–	–	75–85
odhořivací	60–75	–	–	60–75
prohořivací	40–60	–	–	55–65

Tab. 10 – Rozdělené kotlů na pevná paliva dle technologie spalování [10]

Výhody	Nevýhody
Nezávislost na inženýrské síti	Vysoké emise
Relativně levný provoz	Odvod spalin a přívod spalovacího vzduchu
Nižší pořizovací náklady	Soustavná přítomnost člověka
	Dostatečné větrání technické místnosti

Kotel na kapalná paliva

Rozdíl mezi kotlům na pevná paliva spočívá ve vyšší výhřevnosti paliva, nižších ztrátách a nepatrném obsahu popelovin. Díky vysoké výhřevnosti má svítivý plamen topných olejů teplotu kolem 1800 °C a je velmi sálavý. Proces spalování díky jemnému rozprášení paliva je velice rychlý. Vyšší účinnost je způsobena nulovou ztrátou mechanickým nedopalem a ztrátou citelným teplem tuhých zbytků. Kotle dosahují účinnosti v rozmezí 93 – 95 %. [11]

Výhody	Nevýhody
Vysoká účinnost	Cenově nákladné palivo + zásobník
Nižší ztráty	Zvýšená tvorba NO _x a SO _x
Nižší investiční a provozní náklady	Nízkoteplotní koroze
Nezávislost na inženýrské síti	Odvod spalin a přívod spalovacího vzduchu
Snadná regulace	Investice do odsířovacích zařízení

Kotel na plynná paliva

Plynové kotle lze rozdělit více způsoby. Zvolila jsem rozdělení podle možného způsobu provozu – kotle klasické, nízkoteplotní a kondenzační. Od roku 2015 vstoupila v platnost

nařízení dle Evropské unie, kdy palivové kotle, tedy kotle na plyn nebo na olej, se jmenovitým výkonem do 70 kW včetně, nesmí mít nižší účinnost než 86 %. Těmto požadavkům vyhoví kondenzační kotle. [12]

Výhody	Nevýhody
Nižší pořizovací cena	Odvod spalin a přívod spalovacího vzduchu
Menší požadavek na prostor	Plynová přípojka
Snadná regulace	Pravidelné odborné revize
Tichý provoz	
Vysoká účinnost	

Elektrokotel

Elektrokotel zajišťuje vytápění pomocí elektřiny, které je bezpečné, snadno regulovatelné a dosahuje vysoké účinnosti. Elektrokotel se rozděluje do dvou základních skupin – přímotopné a elektrokotle se zásobníkem.

Výhody	Nevýhody
Bez odvodu spalin a přívodu	Vysoké provozní náklady
Tichý provoz	Výpadek elektřiny - bez tepla
Nízká pořizovací cena	Vyšší požadavky na elektrické sítě
Nejsou nutné revize	V porovnání s kondenzačním kotlem nízká účinnost
Bez emisí	

4.1.2. Tepelné čerpadlo

Tepelná čerpadla patří mezi alternativní zdroje energie, jelikož umožňují využívat nízko potenciální energii akumulovanou v látkách kolem nás. Aby se teplo akumulované v okolním prostředí mohlo využít k vytápění, je potřeba přečerpat teplo z látky o nízké teplotě do teplotnosné látky o vyšší teplotě, kterou je pak možné využít k vytápění. Tepelná čerpadla jsou zařízení, které k tomuto přečerpání lze použít. [4]

Dělení podle teplotnosné otopné látky na tepelná čerpadla:

- Voda / voda
- Voda / vzduch
- Vzduch / voda
- Vzduch / vzduch
- Země / voda

Tepelné čerpadlo vzduch – vzduch

Zdrojem tepla může být odpadní oteplených vzduch nebo venkovní vzduch. Nejčastějším případem využití odpadního tepla ze vzduchu je nízkoteplotní teplo v odváděném vzduchu z větraných prostor. Dochází k účinnosti rekuperace tepla 50 %. [13]

Výhody	Nevýhody
Nižší pořizovací cena	Nelze ohřívat teplou vodu
Funkce chlazení	Hlučnost při plném výkoně
Doplňkové funkce - odvlhčování	

Tepelné čerpadlo vzduch – voda

Zdrojem tepla může být odpadní oteplených vzduch nebo venkovní vzduch. Pokud zdroj tepla je venkovní vzduch, při poklesu teploty venkovního vzduchu stoupá spotřeba tepla objektu, ale současně klesá tepelný výkon tepelného čerpadla. Proto se dělá kombinace s druhým vytápěcím zařízením. [13]

Výhody	Nevýhody
Nižší pořizovací cena	Vyšší spotřeba elektřiny než u země/voda
Funkce chlazení	Hlučnost venkovní jednotky
Nižší provozní náklady	Při nízkých teplotách snížený výkon
Možnost změny umístění	Řešení odtávání námrazy na výparníku

Tepelné čerpadlo voda – voda

Nositelům nízkopotencionálního tepla může být voda oteplená odpadní, povrchová, podpovrchová, hlubinná. Spodní voda je dobrým zásobníkem slunečního tepla, i v době nejchladnějšího období roku si udržuje stálou teplotu v rozmezí 8 až 12 °C. [13]

Výhody	Nevýhody
Nejvyšší topný faktory	Zřízení studny pro čerpání vody
Zpětné využití odpadního tepla	Zřízení studny pro jímání vody
	Vyšší náklady na servis - nutné kontroly
	Nižší životnost komponentů

Tepelné čerpadlo země – voda

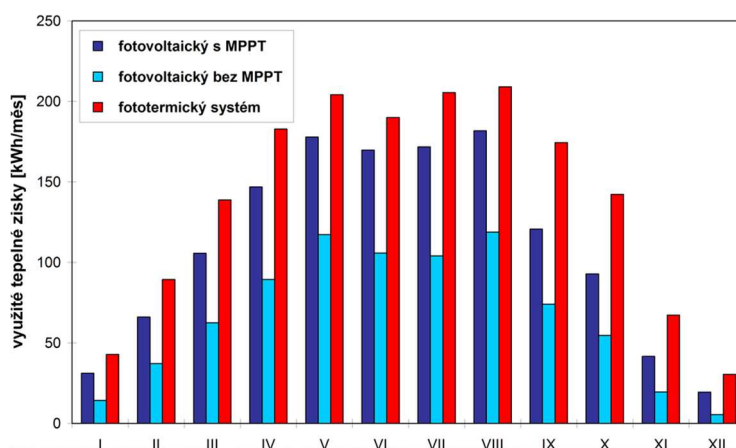
Tepelná čerpadla odebírají tepelnou energii prostřednictvím do země uložených kolektorů nebo vrtů. [13]

Výhody	Nevýhody
Malá závislost výkonu na počasí	Velká počáteční investice
Výhodný poměr energie dodané a získané	U vrtů - stavební povolení
	Kolektory - velký pozemek
Bezhlučné a bezúdržbové řešení	

4.1.3. Fototermické kolektory

Sluneční energii můžeme využít dvěma základními způsoby. V prvním případě můžeme získávat teplo pomocí solárních termických kolektorů, nebo elektřinu ve fotovoltaických panelech. Fototermické kolektory pro přípravu TUV jsou schopny pokrýt okolo 60 % tepla. Fototermické kolektory se často navrhují jako doplňkové zdroje tepla a jejich účinnost je vztažena k ploše. Nejdéle používané jsou ploché kolektory, později se objevily kolektory s vakuovými trubicemi. [14] [15] [4]

Na obrázku č. 1 můžeme vidět porovnání zisků třech variant – fotovoltaický ohřev bez sledovače maximální výkonu, fotovoltaický ohřev se sledovačem maximálního výkonu a fototermický ohřev – solární otopná soustava. Sledovač maximálního výkonu je schopen udržet maximální produkci během proměnlivých klimatických podmínek. Z grafu můžeme zjistit, že fototermické systémy produkují zisk i v zimních měsících. Rozdíl mezi systémem se sledovačem maximálního výkonu a bez dosahuje až 40 %. [15]



Obr. 1 – Průběh zisků během roku u tří variant [15]

Výhody	Nevýhody
Ekologický zdroj tepla	Závislost na slunečním záření
Snadná údržba a práva	Pokrytí jen části potřeby
Nízké provozní náklady	Vysoká počáteční investice
Bezhlučné řešení	

4.2. Vyhodnocení

V této části jsem porovnávala vybrané zdroje tepla mezi sebou. Podle mého pocitu a uvážení jsem seřadila kritéria hodnocení a přidělila jim důležitost tzv. váhu při rozhodování, která při sečtení tvoří 100 %. Každému zdroji tepla jsem přiřazovala body, tzv. hodnocení. Stupnice hodnocení je od 0 – 100, kdy 0 je nejméně vhodné a při 100, splňuje zdroj tepla maximální požadavky na dané kritérium. Hodnocení jsem vynásobila váhou a vznikl výsledek. Zdroj tepla, který po sečtení výsledků kritérií dostal nejvyšší počet bodů, se stal nejvhodnějším zdrojem tepla pro můj daný objekt. Myslím si, že tato část je velice subjektivní a každý může výsledky vidět odlišně. Snažila jsem se být spravedlivá, dohledávat pravdivé informace a pečlivě zvažovat jednotlivá kritéria.

Kritéria hodnocení zdrojů tepla:

- Investiční náklady – pořizovací cena zdroje tepla, náklady na instalaci zařízení, rozvody topné vody, uvedení do provozu, náklady na tlakovou a topnou zkoušku
- Provozní náklady – náklady na energii, paliva a služby
- Ekologické hledisko – hodnota emisí škodlivých látek, ekologické palivo, obnovitelné zdroje, ekologická nezávadnost
- Účinnost rekuperace – kolik tepla je schopno zařízení převést z odpadního vzduchu do čerstvého vzduchu
- Nároky na prostor a potřeby dalších zařízení
- Samostatnost – do jaké míry je potřeba přítomnost obsluhy
- Servis a údržba – revize, opravy

Kritéria	Váha [%]	Kotel na pevná paliva		Kotel na kapalná paliva		Kotel na plynná paliva		Elektrokotel	
		Hodnocení	Výsledek	Hodnocení	Výsledek	Hodnocení	Výsledek	Hodnocení	Výsledek
Provozní náklady	25	80	20	60	15	85	21,25	45	11,25
Účinnost rekuperace	20	85	17	95	19	95	19	95	19
Ekologické hledisko	20	30	6	50	10	90	18	100	20
Samostatnost	15	20	3	100	15	100	15	100	15
Investiční náklady	10	80	8	90	9	80	8	90	9
Prostor, další zařízení	5	60	3	90	4,5	90	4,5	100	5
Servis a údržba	5	60	3	60	3	60	3	90	4,5
CELKEM	100		60		75,5		88,75		83,75

Kritéria	Váha [%]	Tepelné čerpadlo voda/voda		Tepelné čerpadlo vzduch/voda		Tepelné čerpadlo země/voda	
		Hodnocení	Výsledek	Hodnocení	Výsledek	Hodnocení	Výsledek
Provozní náklady	25	Nevhodná lokalita		95	23,75	95	23,75
Účinnost rekuperace	20			60	12	80	16
Ekologické hledisko	20			100	20	100	20
Samostatnost	15			100	15	100	15
Investiční náklady	10			50	5	40	4
Prostor, další zařízení	5			70	3,5	50	2,5
Servis a údržba	5			90	4,5	80	4
CELKEM	100					83,75	

4.3. Návrh vytápění pro daný objekt

Z výsledků hodnocení v minulé kapitole je zřejmé, že zvítězil plynový kondenzační kotel. Oproti kotli na pevná paliva je možné kotel z automatizovat či regulovat a není potřebná soustavná přítomnost obsluhujícího člověka. Tepelná čerpadla se jevila jako velmi výhodná varianta, ale tepelné čerpadlo země / voda bylo zavrhnuto z důvodu nedostatku prostoru v okolí objektu.

Plynový kondenzační kotel je umístěn v technické místnosti v 1. NP. Jedná se o typ Panther Condens 48 KKO s výkonem od 8,7 do 48 kW. Z důvodu chybějícího trojcestného ventilu musí být v technické místnosti také umístěn anuloid, který má za úkol vyrovnávat dynamické tlaky. Potrubí pro odvod spalin je průměru 200 mm a je veden šachtou nad střechu. Do technické místnosti je zavedena plynovodní přípojka a pro odvod vody při vypouštění a odvodu kondenzátu je navržena podlahová výpust' uprostřed technické místnosti.

Otopná soustava je dvoutrubková teplovodní s nuceným oběhem. Topným médiem v objektu je voda s teplotním spádem 55/35 °C. Na vratné větvi je umístěna uzavřená expanzní nádoba Reflex NG 80/6 s objemem 80 litrů. V technické místnosti je umístěn rozdělovač s 5 okruhy. První okruh je veden ke kotli, druhý okruh napojuje otopná tělesa v přízemí, třetí okruh vede pomocí stoupacích potrubích do jednotlivých bytů. Celkem 6 stoupaček, které vždy obsluhují tři byty. Dohromady se jedná o 18 bytů. Čtvrtý okruh je rezervní a pátý je napojen na nepřímotopný zásobník teplé vody Junker W 750-5 C.

V přízemí je potrubí vedeno pod stropem. Pro napojení otopných tělesech je potrubí zavedeno do podlahy a dále vedeno v podlaze. V obytných místnostech je potrubí vedeno v podlaze. Materiál potrubí od rozdělovače k otopným tělesům je plast, od kotle k rozdělovači a k zásobníku se setkáme s mědí. Potrubí je řádně zaizolováno.

5. Větrání

Oblast větrání je velmi důležitá k zajištění požadovaného kvalitního vzduchu ve vnitřním prostředí, která má zásadní vliv na zdraví a pohodu uživatelů. Zajišťuje výměnu vzduchu v daném prostoru, kdy se odvádí vnitřní znečištěný vzduch a přivádí upravený venkovní vzduch. Větrání můžeme rozdělit podle doby chodu na trvalé nebo občasné, nebo podle způsobu provozu na nucené (ventilátory) a přirozené (rozdílnými teplotami vzduchu). Při návrhu větracího systému je potřeba najít bilanci mezi reakcí na aktuální potřeby uživatele, intenzitě větrání a efektivní práci energií. [16]

5.1. Požadavky na větrání

Základním požadavkem národní přílohy normy ČSN EN 15 665/Z1 je zajištění trvalého přívodu venkovního vzduchu s minimální intenzitou větrání $0,3 \text{ h}^{-1}$ v obytných prostorech (pokoje, ložnice apod.) a kuchyních. Pro vyšší požadovanou kvalitu vnitřního vzduchu se doporučuje, v souladu s ČSN EN 15251, intenzita větrání $0,5$ až $0,7 \text{ h}^{-1}$. V době, kdy obytné budovy nejsou dlouhodobě užívány (dovolené, víkendy), lze připustit provoz s nižší intenzitou větrání $0,1 \text{ h}^{-1}$ vztaženou k celkovému vnitřnímu objemu bytu. [17]

Požadavek	Trvalé větrání (průtok venkovního vzduchu)		Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)		
	Intenzita větrání [h^{-1}]	Dávka venkovního vzduchu na osobu [$\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{os})$]	Kuchyně [m^3/h]	Koupelny [m^3/h]	WC [m^3/h]
Minimální hodnota	0,3	15	100	50	25
Doporučená hodnota	0,5	25	150	90	50

Tab. 11 – Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15665/Z1 [17]

Systém větrání obytných budov musí rovněž zajistit odvod vzduchu z místností se zdrojem znečišťujících látek (pachy, vlhkost, škodliviny vznikající při vaření a jiných činnostech v domácnosti apod.) tj. především z hygienického zázemí a kuchyně. Při trvalém větrání odpovídá průtok odváděného vzduchu průtoku vzduchu přiváděnému, stanovenému podle požadavku na intenzitu větrání. [17]

5.2. Způsoby větrání

5.2.1. Přirozené větrání

Přirozené větrání funguje na principu rozdílných tíží vzduchu o různé teplotě na různých místech pomocí manuálními větracími okenními otvory, infiltrací netěsností oken, aerací a dalšími způsoby. Jedná se o výměnu vzduchu, která je neorganizovaná, povětšinou případů malá a příležitostná. Jelikož při přirozeném větrání dochází ke značným tepelným ztrátám, v dnešní

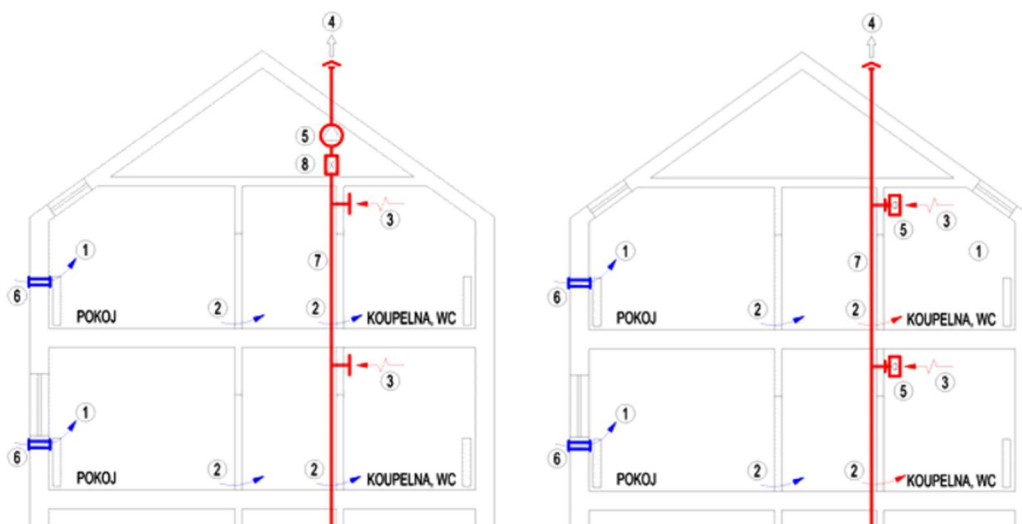
době se od takového způsobu opouští. Rozhodla jsem se tento způsob využít v nebytových místnostech, které nejsou primárně využívány a přirozené větrání okenními šterbinami je dostačující, jelikož nedochází k ovlivnění tepelné pohody neřízeným větráním. Okenní šterbiny fungují automaticky na principu vnitřní relativní vlhkosti. Šterbiny si automaticky upravují průtok čerstvého vzduchu na závislosti relativní vlhkosti v dané místnosti pomocí vlhkostního čidla. Čím vyšší je relativní vlhkost interiéru, tím více jsou klapky otevřené.

5.2.2. Nucené větrání

Nucené větrání pracuje nezávisle na měnících se venkovních klimatických podmínkách, jde o proudění vzduchu ve větraném prostoru, který je způsoben nuceným účinkem tzv. ventilátory. Nucené větrání může být centrální, decentrální, se zpětným získáváním tepla či bez zpětného získáváním tepla. Nucené větrání můžeme rozdělit také na nucené podtlakové, rovnotlaké a hybridní. V případě centrálního nuceného větrání je vzduchotechnická jednotka společná pro více bytů či pro celý objekt, který je umístěný například v technické místnosti nebo na střeše objektu. [7][16] [18]

Centrální a lokální podtlakové systémy

U nuceného podtlakového systému se můžeme setkat s nuceným odvodem vzduchu z místností se zdrojem škodlivin a přísávání vzduchu z venkovního prostředí. Přívod čerstvého venkovního vzduchu je realizován pomocí přívodních větracích otvorů zabudovaných do výplní stavebních otvorů nebo v obvodových stěnách. Ohřev venkovního vzduchu je zajišťován pomocí otopné soustavy. V dnešní době je to nevýhodné řešení, protože nemůžeme využít zpětného získáváním tepla. Mezi výhody, který tento systém nabízí, můžeme zařadit jednoduchost zařízení a nízké pořizovací náklady. V případě centrálního podtlakového systému pro odvod znečištěného vzduchu slouží centrální ventilátor napojený na stoupací potrubí, který je umístěn zpravidla v nejvyšším místě objektu. Lokální podtlakové systémy mají lokální radiální ventilátory, které jsou napojené na stoupací potrubí. Tento systém se většinou používá pro nárazové odvětrávání kuchyní. Aby nedocházelo k nežádoucímu přenosu pachů mezi jednotlivými byty, odsávací kryty obsahují i zpětnou klapku. [19]

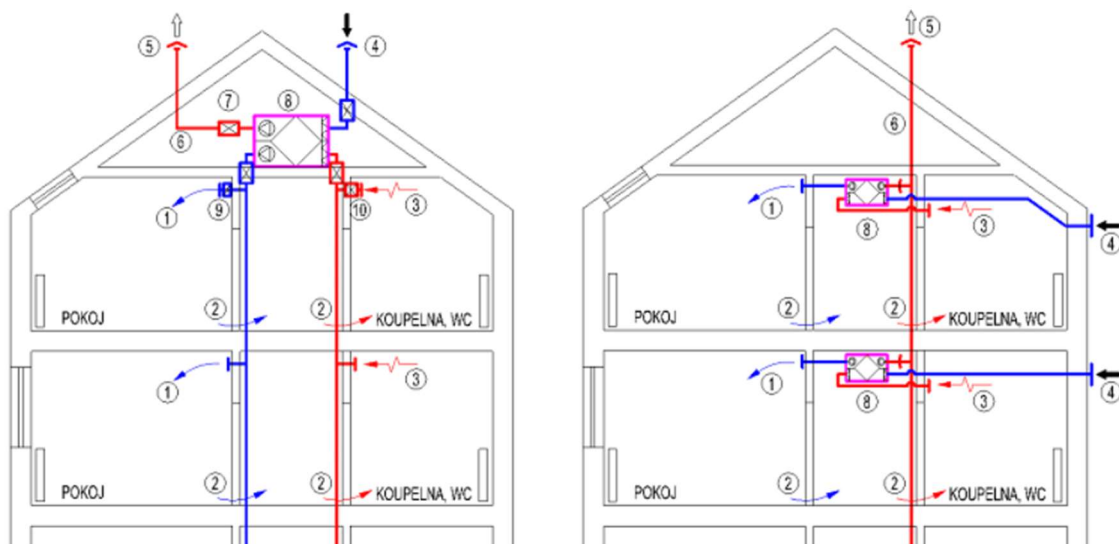


1 přiváděný venkovní vzduch, 2 převáděný vzduch, 3 odváděný vzduch, 4 odpadní vzduch, 5 odvodní ventilátor, 6 přívodní větrací otvor, 7 potrubní síť, 8 tlumič hluku

Obr. 2 – Nucené centrální podtlakové větrání (vlevo) a nucené lokální podtlakové větrání (vpravo) [19]

Centrální a lokální rovnotlaké systémy

Rovnotlaké systémy fungují na principu nuceného přívodu čerstvého vzduchu a současně odvodu znečištěného vzduchu. Hlavní výhodou daného systému je možnost využití zpětného získávání tepla z odváděného vzduchu. Tato výhoda výrazně snižuje spotřebu tepla na ohřev venkovního vzduchu. Větrací jednotka slouží pro přívod a přehřev venkovního vzduchu, dohřev vzduchu probíhá pomocí otopné soustavy. Ventilátory můžeme regulovat pomocí aktuálních požadavků, například vlhkosti v místnosti, koncentrace CO₂. Nevýhodou systému jsou vyšší pořizovací náklady, vyšší spotřeba energie než u předešlého systému. U centrálního systému je centrální vzduchotechnická jednotka, která zajišťuje dopravu vzduchu, zatímco u lokálního systému jsou jednotky umístěné zpravidla na chodbách jednotlivých bytových jednotek. [19]



1 přiváděný venkovní vzduch, 2 převáděný vzduch, 3 odváděný vzduch, 4 sání venkovního vzduchu, 5 odpadní vzduch, 6 potrubní síť, 7 tlumič hluku, 8 větrací jednotka se ZZT, 9 alternativní dohřev, 10 přeslechový tlumič

Obr. 3 – Nucené centrální rovnotlaké větrání (vlevo) a nucené lokální rovnotlaké větrání (vpravo) [19]

5.3. Návrh koncepce větrání pro daný objekt

Větrání objektu je možné řešit několika způsoby. V první řadě jsem zavrhl možnosti přirozeného a přetlakového větrání, které nenabízejí zpětné využití tepla a nezajišťují vysokou kvalitu vnitřního prostředí. Další možnost větrání se nabízí podtlakové větrání, ale ani v tomto případě nemůžeme počítat se zpětným získáváním tepla. V dnešní době možnost zpětného získávání tepla a tím ušetření podstatné části energie, považuji za nezbytné a potřebné pro návrh. Rozhodovala jsem se tedy mezi centrálním a lokálním rovnotlakým systémem. V případě zvolení centrálního systému se náklady na provoz rozpočítávají mezi jednotlivé byty paušálně, bez ohledu na užívání systému větrání. Dále může docházet k ovlivnění účinnosti rekuperace mezi jednotlivými byty. Pro svůj objekt jsem nakonec vybrala lokální rovnotlaké větrání. Hlavními parametry výběru byla dostatečná konstrukční výška objektu, tudíž nebyl problém umístit jednotlivé jednotky pod stropem. Dalším kritériem při rozhodování bylo málo prostoru v instalačních šachtách jednotlivých bytů a málo prostoru na společného chodbě k vedení centrálního stoupacího potrubí. Díky lokálnímu větracímu systému se v instalační šachtě nachází pouze jedno potrubí sloužící k odvodu znečištěného vzduchu nad střechem. Jelikož se objekt nachází mimo frekventovanou ulici, není pro mě překážkou přívod čerstvého vzduchu na fasádě. Další výhodou lokálního rovnotlakého systému je větší uživatelská nezávislost, individuální vyúčtování služeb, údržba a přístupnost k jednotlivým větracím jednotkám. V každém bytě je umístěna vzduchotechnická jednotka, která se nachází ve stropním provedení na chodbě bytu. Pro bytové jednotky jsem vybrala kompaktní větrací

jednotky s rekuperací tepla značky DUPLEX, typ 170 EC5, které mají maximální průtok 175 m³/h. Pro kancelář a klubovnu jsem taktéž zvolila lokální větrací jednotku DUPLEX schopné většího průtoku. Ostatní místnosti, které potřebují odvod znečištěného vzduchu, využívají větrání pomocí axiálních ventilátorů SILENT. Pro přívod čerstvého vzduchu a proudění mezi místnostmi se používají větrací štěrby umístěné ve dveřích a okenní štěrby, které využívají automatické otevírání na základě relativní vlhkosti v dané místnosti.

6. Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo poskytnout informace z oboru vytápění a větrání domu pro seniory. V teoretické části byl čtenář seznámen se základními informacemi, které souvisí s vytápěním a větráním objektu. Na začátku práce se vysvětluje mikroklima budovy a tepelné technické parametry budovy, dále byly stručně popsány jednotlivé možnosti zdroje tepla, jejich zhodnocení a výběr nejvhodnější varianty. Na závěr byly popsány varianty větracích systémů s důrazem na zpětné získávání tepla.

Cílem praktické části vytápění bylo navrhnout optimální řešení otopné soustavy a zdroje pro zadaný objekt. Výpočtová část obsahuje výpočet tepelných ztrát, roční potřeby tepla, zásobníkový ohřev a další výpočty potřebné pro vytápění. Jako neoptimálnější variantu otopného systému jsem zvolila teplovodní soustavu s nuceným oběhem. Zdroj tepla byl zvolen plynový kondenzační kotel s anuloidem, zásobníkovým ohřívačem vody a expanzní nádobou.

Cílem praktické části větrání bylo navrhnout koncept větracího. Pro projekt byl zvolen lokální rovnotlaký systém, kdy větrací jednotka se zpětným získáváním tepla je umístěna v chodbě jednotlivých bytů. V praktické části byly vypočítány návrh množství větracího vzduchu a návrh dimenze průtoků.

7. Seznam použitých zdrojů

Literatura a elektronické zdroje:

- [1] *Vstupní parametry pro návrh interního mikroklimatu.* Tzb-info.cz [online]. [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/11927-vstupni-parametry-pro-navrh-interniho-mikroklimatu>
- [2] *Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit.* Tzb-info.cz [online]. [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>
- [3] KABELE, Karel, VEVERKOVÁ, Zuzana, DVOŘÁKOVÁ, Pavla. *Vnitřní prostředí budov.* Asb-portal.cz [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vetrani-a-klimatizace/vnitri-prostredi-budov>
- [4] ŠTĚCHOVSKÝ, Jaroslav. *Vytápění pro střední školy se studijním oborem TZB nebo obdobným.* Praha: Sobotáles. 2005. ISBN 978-80-86817-11-8.
- [5] JELÍNEK, Vladimír, LINHARTOVÁ Vladimíra. *Interní mikroklima v bytových domech.* Tzb-info.cz [online]. [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/11888-interni-mikroklima-v-bytovych-domech>
- [6] HIRŠ, Jiří, GEBAUER, Günter. *Vzduchotechnika v příkladech: Prostředí budov 1.* Brno: CERM. 2006. ISBN 80-7204-486-9.
- [7] PAPEŽ, Karel a kolektiv. *Energetické a ekologické systémy budov 2: Vzduchotechnika, chlazení, elektroinstalace a osvětlení.* Praha: Nakladatelství ČVUT. 2007. ISBN 978-80-01-03622-8.
- [8] MATHAUSEROVÁ, Zuzana. *Hygienické požadavky na vnitřní prostředí staveb.* Tzb-info.cz [online]. [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/9595-hygienicke-pozadavky-na-vnitri-prostredi-staveb>
- [9] POČINKOVÁ, Marcela, ČUPROVÁ, Danuše a kolektiv. *Úsporný dům, 2. akt. vyd.* Brno: ERA. 2008. ISBN 978-80-7366-131-1.
- [10] LYČKA, Zdeněk. *Jak vybírat nový kotel na pevná paliva (1).* Tzb-info.cz [online]. [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9798-jak-vybirat-novy-kotel-na-pevna-paliva-1>
- [11] BALÁŠ, Marek. *Kotle a výměníky tepla.* Brno: CERM. 2009. ISBN 978-80-214-3955-9.
- [12] ZACHARIÁŠ, Zdeněk. *Zdroje tepla na plyn.* Tzb-info.cz [online]. [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-plynem/4048-zdroje-tepla-na-plyn>
- [13] BROŽ, Karel, ŠOUREK, Bořivoj. *Alternativní zdroje energie.* Praha: Vydavatelství ČVUT. 2003. ISBN 80-01-02802-X.

- [14] BECHNÍK, Bronislav. *Příprava teplé vody – fotovoltaika nebo solární tepelné kolektory*. Tzb-info.cz [online]. [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/10453-priprava-teple-vody-fotovoltaika-nebo-solarni-tepelne-kolektory>
- [15] MATUŠKA, Tomáš, ŠOUREK, Bořivoj. *Porovnání solárního fototerického a fotovoltaického ohřevu vody*. Tzb-info.cz [online]. [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/11103-porovnani-solarniho-fototerického-a-fotovoltaickeho-ohrevu-vody>
- [16] MAUERE, Karel a kolektiv. *Vzduchotechnická zařízení pro 3. a 4. ročník SPŠ stavebních studijních oborů TZB*. Praha: Sobotáles. 2007. ISBN 978-80-86817-21-0
- [17] ZMRHAL, Vladimír. *Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15 665/Z1*. Tzb-info.cz [online]. [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/8239-pozadavky-na-vetrani-obytnych-budov-dle-csn-en-15-665-z1>
- [18] DRKAL, František a Vladimír ZMRHAL. *VĚTRÁNÍ*. 2. vydání. Praha: ČVUT, 2018, ISBN 978-80-01-06378-1
- [19] ZMRHAL, Vladimír, PETLACH, Jiří. *Systemy větrání obytných budov*. Tzb-info.cz [online]. [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-rodinnych-domu/7937-systemy-vetrani-obytnych-budov>

Seznam tabulek

- Tab. 1 – Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit [2]
- Tab. 2 – Výpočtové venkovní teploty v České republice podle nadmořské výšky [1]
- Tab. 3 – Vnitřní výpočtové teploty v otopném období [1]
- Tab. 4 – Vnitřní výpočtové teploty v otopném období [1]
- Tab. 5 – Vnitřní výpočtové teploty v otopném období [1]
- Tab. 6 – Doporučené hodnoty tepelně-vlhkostního mikroklimatu pro obytné budovy [5]
- Tab. 7 – Hlavní zdroje vlhkosti v budově [5]
- Tab. 8 – Příklady návrhových hodnot hladiny akustického tlaku [5]
- Tab. 9 – Zdroje a produkované škodliviny v budovách [5]
- Tab. 10 – Rozdělení kotlů na pevná paliva dle technologie spalování [10]
- Tab. 11 – Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15665/ZI [17]

Seznam obrázků

Obr. 1 – Průběh zisků během roku u tří variant [15]

Obr. 2 – Nucené centrální podtlakové větrání (vlevo) a nucené lokální podtlakové větrání (vpravo) [19]

Obr. 3 – Nucené centrální rovnotlaké větrání (vlevo) a nucené lokální rovnotlaké větrání (vpravo) [19]