

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ BYTOVÉHO DOMU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2020

Vypracoval: Pavel Pytloun

Vedoucí práce: doc. Ing. Vladimír Jelínek, CSc.

VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ BYTOVÉHO DOMU

HEATING AND VENTILATION OF AN APARTMENT BUILDING

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Pytloun Jméno: Pavel Osobní číslo: 468840
Zadávací katedra: Katedra technických zařízení budov (K11125)
Studijní program: Stavitelství (B3609)
Studijní obor: Realizace pozemních a inženýrských staveb (3647R005)

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Vytápění a větrání bytového domu
Název bakalářské práce anglicky: Heating and ventilation apartment building

Pokyny pro vypracování:

Studijní část bude zpracována na jednu bytovou jednotku. Zaměření na multivalentní zdroj, kondenzační plynový kotel, solární energii a tepelné čerpadlo.

Popis: Bilanční výpočty od variant obvodového pláště, varianty otopného systému (teplovodní, teplovzdušné) volba distribučních prvků, popis regulace.

Projektová část: Zpracována na stupni DPS - návrh otopné soustavy na vybranou variantu, výpočet tepelných ztrát, výkresy půdorysů a řezů, technická zpráva, dimenzování, technické listy od použitých zařízení.

Seznam doporučené literatury:

JELÍNEK, Vladimír. Navrhování úsporného ohřevu teplé vody. Praha: GAS, 2007. ISBN 978-80-7328-137-3.

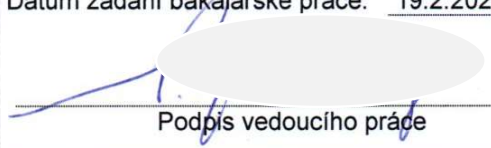
PETRÁŠ, Dušan. Vytápění rodinných a bytových domů. 1. české vyd. Bratislava: Jaga group, 2005.

ISBN 80-8076-020-9

POČINKOVÁ, Marcela a Lea TREUOVÁ. Vytápění. Brno: Computer Press, 2011. ISBN 978-80-251-3329-3.

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Vladimír Jelínek, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: 19.2.2020 Termín odevzdání bakalářské práce: 17.5.2020
Údaj uveďte v souladu s datovým plánem 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“.

19.2.2020

Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Vytápění a větrání bytového domu“ vypracoval samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího práce doc. Ing. Vladimíra Jelínka, CSc. Zdroje, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu zdrojů.

V Praze dne 24.5.2020

Pavel Pytloun

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Vladimíru Jelínkovi, CSc., za věnovaný čas, cenné rady a trpělivost při vedení bakalářské práce. Také děkuji celé své rodině za ohromnou podporu při tvoření této práce a samotném studiu.

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem vytápění a větrání pro bytový dům včetně návrhu vhodných zdrojů tepla. Studijní část obsahuje výpočet tepelných ztrát, zisků a potřeby vzduchu pro jednu bytovou jednotku v typickém podlaží. Tyto výpočty byly provedeny pro dvě varianty obvodového pláště. Práce seznamuje čtenáře s jednotlivými zdroji tepla, distribučními prvky a otopnými systémy. V projektové části je navržena otopná soustava na vybranou variantu, která zajistí vytápění, větrání a chlazení v celém objektu.

Klíčová slova

vytápění, vzduchotechnika, zdroje tepla, distribuční prvky, otopný systém

Annotation

This bachelor's thesis deals with the design of heating and ventilation for an apartment building, including the design of suitable heat sources. The study part contains the calculation of heat losses, gains and air demand for one apartment unit in a typical floor. These calculations were performed for two variants of the circumferential shell. The work acquaints the reader with individual heat sources, distribution elements and heating systems. In the project part, a heating system is designed for a selected variant, which will provide heating, ventilation and cooling throughout the building.

Keywords

heating, air conditioning, heat sources, distribution elements, heating system

Obsah

Úvod.....	9
1 Tepelně technické parametry a kritéria pro BD.....	10
1.1 Vnější výpočtová teplota.....	10
1.2 Vnitřní výpočtová teplota.....	10
1.2.1 Teplota ve vytápěných místnostech.....	10
1.2.2 Teplota přilehlé zeminy ke stavebním konstrukcím.....	11
1.2.3 Kategorizace vnitřního prostředí.....	11
1.3 Obvodový plášť budovy.....	12
1.3.1 Nízkoenergetický standard budovy.....	13
1.3.2 Pasivní standard budovy.....	14
1.4 Větrání.....	14
1.4.1 Obecné požadavky na větrání obytných budov.....	14
1.4.2 Průtoky vzduchu dle ČSN EN 15 665.....	14
2 Energetické výpočty variant BD.....	16
2.1 Výpočet tepelných ztrát.....	16
2.2 Výpočet tepelných zisků.....	18
2.2.1 Tepelné zisky z vnějšího prostředí.....	18
2.2.2 Tepelné zisky od vnitřních zdrojů tepla.....	22
2.2.3 Celková tepelná zátěž.....	23
2.3 Potřeba vzduchu.....	23
2.3.1 Výpočet množství čerstvého vzduchu.....	23
2.3.2 Výpočet množství přiváděného vzduchu.....	24
3 Varianty zdrojů tepla pro bytové domy.....	26
3.1 Teplovodní kotel.....	26
3.1.1 Kondenzační plynový kotel.....	26
3.1.2 Kotel na pevná paliva.....	26
3.1.3 Elektrokotel.....	27

3.1.4	Zhodnocení teplovodních kotlů	27
3.2	Tepelná čerpadla	28
3.2.1	Tepelné čerpadlo „vzduch – voda“	28
3.2.2	Tepelné čerpadlo „země – voda“	28
3.2.3	Tepelné čerpadlo „voda – voda“	29
3.2.4	Tepelné čerpadlo „vzduch – vzduch“	29
3.2.5	Zhodnocení tepelných čerpadel	29
3.3	Solární termické kolektory	30
4	Distribuční prvky	31
4.1	Zásady návrhu distribučních prvků	31
4.2	Typy distribučních prvků	31
4.2.1	Obdélníkové výusti	31
4.2.2	Štěrbínové vyústky	32
4.2.3	Trysky (dýzy)	32
4.2.4	Anemostaty	33
4.2.5	Podlahové vyústky	33
4.2.6	Talířové ventily	34
4.3	Návrh distribučních prvků	34
5	Otopné systémy	35
5.1	Teplovzdušné vytápění	35
5.2	Teplovodní vytápění	36
5.3	Zhodnocení otopných systémů	36
	Závěr	37
	Seznam použitých zdrojů	38
	Seznam tabulek	42
	Seznam obrázků	43
	Seznam příloh	44

Úvod

Předmětem této bakalářské práce je komplexní návrh vytápění a větrání v bytovém domě. Objekt o osmi bytových jednotkách se nachází v České Lípě a má jedno podzemní a čtyři nadzemní podlaží. Technická místnost byla umístěna v posledním nadzemním podlaží, odkud vedou veškeré rozvody do jednotlivých bytů.

Studijní část bakalářské práce obsahuje výpočty tepelných ztrát, zisků a potřeby vzduchu. Výsledky těchto výpočtů byly porovnány pro dvě varianty obvodového pláště. Dále jsou v této části popsány a posléze zhodnoceny zdroje tepla, distribuční prvky a otopné systémy.

Výkresová část bakalářské práce představuje projekt návrhu vytápění a větrání bytového domu pro jednu vybranou variantu obvodového pláště. Projektová dokumentace je zpracovaná v podrobnosti pro provádění stavby. Na základě výpočtů a identifikace vhodných prvků systému byl navržen systém, který v bytovém domě zajistí vytápění, větrání a chlazení. Součástí projektu je návrh vhodného zdroje tepla, vzduchotechnické jednotky, distribučních prvků a výpočet tlakových ztrát v závislosti na dimenzi potrubí. Projekt je navržen podle platných předpisů a norem.

1 Tepelně technické parametry a kritéria pro BD

1.1 Vnější výpočtová teplota

Pro výpočet tepelné ztráty a potřeby tepla na vytápění, je vnější výpočtová teplota důležitý parametr. Tato výpočtová teplota se mění v závislosti na nadmořské výšce, kde se objekt nachází. Podle tabulky č. 1 je Česká republika rozdělena do tří oblastí, nad 400, 600, nebo 800 m. n. m. Teplota je odvozena z dlouhodobých průměrů měření pěti nejchladnějších dnů v roce. V těchto třech oblastech se snižuje venkovní výpočtová teplota o 3 °C. Pokud je v některých oblastech zvýšené zatížení větrem, musí se ve výpočtu zohlednit. [1]

Tabulka 1: Výpočtové venkovní teploty v České republice [1]

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

1.2 Vnitřní výpočtová teplota

1.2.1 Teplota ve vytápěných místnostech

Podle vyhlášky č. 194/2007 Sb. a normy ČSN EN 12 831 je pro každou místnost v bytovém domě přiřazena vnitřní výpočtová teplota. Při návrhu otopného systému musí být dosažena vnitřní návrhová teplota při nejnižší vnější návrhové teplotě. Vnitřní výpočtové teploty v otopném období jsou uvedeny v tabulce č. 2. [1]

Tabulka 2: Vnitřní výpočtové teploty v otopném období [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
Vytápěné schodiště	10

1.2.2 Teplota přilehlé zeminy ke stavebním konstrukcím

V tabulce č. 3 jsou uvedeny přilehlé teploty zeminy ke stavebním konstrukcím podle normy ČSN 06 0230. [1]

Tabulka 3: Teplota přilehlé zeminy [1]

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 1-2 m	0	0	-3	-3
U svislé stěny v hloubce 1-2 m	+3	+3	0	0
U svislé stěny v hloubce přes 3 m	+5	+5	+5	+5

1.2.3 Kategorizace vnitřního prostředí

Podle normy ČSN EN 15251 se vnitřní prostředí budovy dělí na čtyři kategorie podle různých nároků, které jsou kladeny na vnitřní prostředí a úroveň očekávání obyvatel na jejich plnění. V tabulce č. 4 je uveden popis jednotlivých kategorií a jejich vhodné využití. [2]

Tabulka 4: Kategorie vnitřního prostředí dle ČSN EN 15251 [2]

Kategorie	Popis
I	Vysoká úroveň očekávání, doporučená 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.

V tabulce č. 5 jsou uvedeny rozsahy teplot vzduchu v jednotlivých místnostech v obytné budově pro vytápění a chlazení při předpokládaných typických úrovních činnosti a tepelném odporu oděvu [CLO]. [2]

Tabulka 5: Teplotní rozsahy v místnostech obytných budov dle ČSN EN 15251 [1]

	Kat.	Teplotní rozsah pro vytápění [°C], oděv 1,0 clo	Teplotní rozsah pro chlazení [°C], oděv 0,5 clo
Obytné budovy – obytné místnosti osoby vsedě 1,2 m	I	21-25	23,5-25,5
	II	20-25	23-26
	III	18-25	22-27
Obytné budovy – ostatní místnosti osoby stojící a přecházející 1,5 m	I	18-25	-
	II	16-25	-
	III	14-25	-

1.3 Obvodový plášť budovy

Tepelně technické vlastnosti materiálů, které tvoří obvodový plášť budovy, mají zásadní vliv na celkovou energetickou náročnost budov. V tabulce č. 6 jsou uvedeny hlavní požadavky z normy ČSN 730540-2 Z1 (2012) Tepelná ochrana budov. [4]

Tabulka 6: Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou Φ_{im} 18 až 22 °C včetně [3]

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W.m ⁻² K ⁻¹]		
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Doporučené hodnoty pro pasivní domy
	$U_{N,20}$	$U_{rec,20}$	$U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,3	těžká 0,25	0,18-0,12
		lehká 0,20	
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45°	0,3	0,20	0,18-0,12
Výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří (okno)	1,5	1,2	0,8-0,6
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru (vnitřní dveře)	3,5	2,3	1,7

Při návrhu obvodového pláště můžeme budovu kategorizovat do nízkoenergetického nebo pasivního standardu. Při výpočtech se postupuje podle ČSN EN ISO 13 790 (2009) Energetická náročnost budov – výpočet spotřeby energie na vytápění, v souladu s předpisem TNI 73 0330 (2010) Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Bytové domy a s normou ČSN 73 0540-2 Z1 (2012) Tepelná ochrana budov. [4]

1.3.1 Nízkoenergetický standard budovy

Nízkoenergetický dům je definován roční měrnou potřebou tepla na vytápění nepřekračující 50 kWh.m⁻² za rok. [5]

1.3.2 Pasivní standard budovy

Aby mohl být dům označen za energeticky pasivní, musí být spotřeba tepla menší než 15 kWh.m² za rok. Oproti nízkoenergetickému standardu jsou na budovu kladeny přísnější požadavky na použitou technologii a na skladby stěn, stropů a střech. [5]

1.4 Větrání

1.4.1 Obecné požadavky na větrání obytných budov

V bytových domech musí být zajištěno kvalitní prostředí. Dosáhne se to tím, že je navržen odtah znečišťujících látek a vlhkosti ve vzduchu z místa jejich vzniku do venkovního prostředí. Čerstvý vzduch je přiveden do hlavních obytných místností (ložnice, obytné prostory) a dále je umožněno provětrání do míst odvádění vzduchu pomocí větracích mřížek, nebo mezerami pod dveřmi.

Privádět vzduch do objektu je možné přirozeným větráním štěrbinami zabudovanými ve výplni stavebních otvorů, větracími štěrbinami v obvodových konstrukcích, nebo nuceným větráním větrací jednotkou.

Větrací systém by měl zajistit přívod čerstvého vzduchu v nezbytném množství, udržet požadovanou vlhkost vzduchu a minimální koncentraci škodlivin. Dále by větrací systém neměl zatěžovat obyvatele nadměrným hlukem. [6]

1.4.2 Průtoky vzduchu dle ČSN EN 15 665

Požadavky na větrání obytných budov jsou publikovány v normě ČSN EN 15665 se změnou Z1 Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov. Minimální požadavek na intenzitu větrání v obytné budově je 0,3 h⁻¹. Pro kvalitnější vzduch v obytných místnostech a kuchyních se doporučuje intenzita větrání 0,5 až 0,7 h⁻¹. Pokud není budova dlouhodobě využívána lze hodnotu snížit na 0,1 h⁻¹. V tabulce č. 7 jsou uvedeny požadavky na větrání obytných budov podle národní přílohy Z1 k ČSN EN 15665. [6]

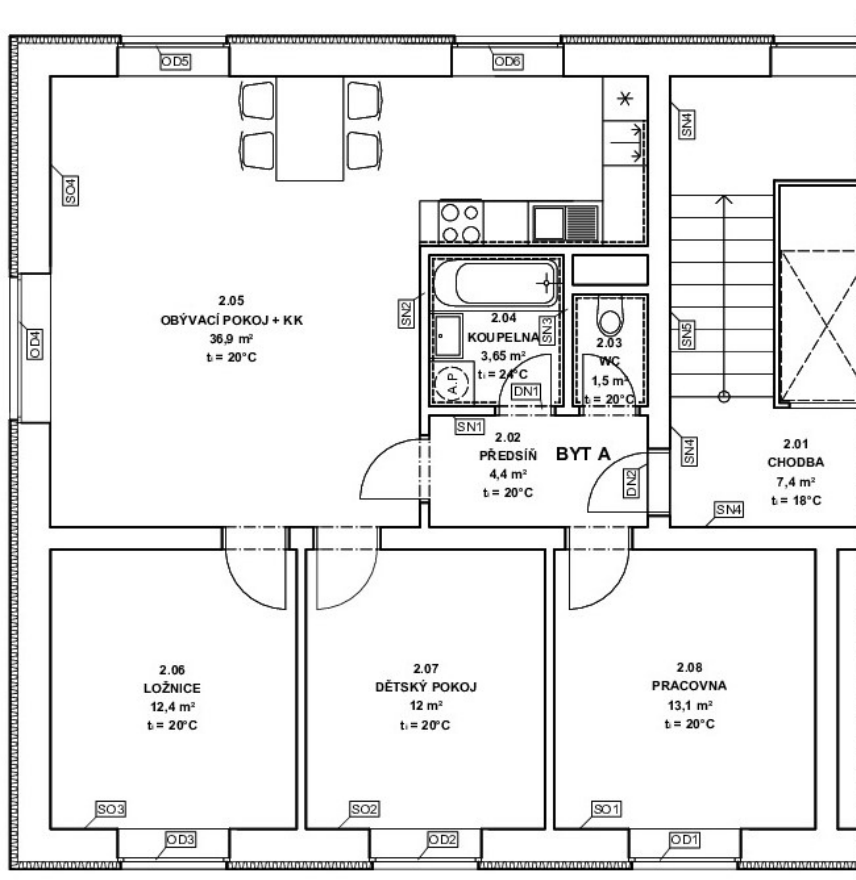
Tabulka 7: Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15665/Z1 [6]

Požadavek	Trvalé větrání (průtok venkovního vzduchu)		Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)		
	Intenzita větrání [h ⁻¹]	Dávka venkovního vzduchu na osobu [m ³ /(h.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

2 Energetické výpočty variant BD

2.1 Výpočet tepelných ztrát

V této kapitole bude proveden výpočet tepelných ztrát jedné bytové jednotky umístěné v typickém podlaží bytového domu podle normy ČSN EN 12831. Tento výpočet bude realizován pro dvě varianty obvodového pláště. Varianta A je postavena z obvodového zdiva Porotherm 44 EKO+ Profi Dryfix s přidáním tepelné izolace Rockwool Frontrock MAX E. Varianta B je ze zdiva Porotherm 50 EKO+ Profi Dryfix a bez jakékoli tepelné izolace. Dispozice bytové jednotky s označením jednotlivých konstrukcí je na obrázku č. 1.



Obrázek 1: Dispozice bytové jednotky s označením konstrukcí

Pro výpočet součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí byl použit program TEPL0 2017, který zohledňuje postupy EN ISO 6946. Jednotlivé součinitele prostupu tepla jsou uvedeny v příloze č. 1-7 a shrnuty v tabulce č. 8.

Tabulka 8: Součinitelé prostupu tepla pro variantu A i B

Označení a popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla – U [W/m ² K]	
	Varianta A	Varianta B
ochlazovaná stěna SO1 – SO4	0,136	0,181
ochlazované okno OD1 – OD6	0,7	1,2
vnitřní stěna SN1, SN2	1,283	
vnitřní stěna SN3	1,367	
vnitřní stěna SN4	0,488	
vnitřní stěna SN5	0,499	
vnitřní dveře DN1 – DN2	1,7	2,3

Tepelné výkony jednotlivých místností v bytové jednotce jsou vypočítané podle tabulky pro zjednodušený výpočet tepelného výkonu, která je sestavena podle normy ČSN EN 12831. Součinitele prostupu tepla jsou do výpočtu zahrnuty z tabulky č. 8. Teplota přiváděného vzduchu za rekuperátorem byly vypočítány v programu Atea. Celkové tepelné ztráty obou variant obvodového pláště jsou uvedeny v příloze č. 8-9 a shrnuty v tabulce č. 9 a 10. [7]

Tabulka 9: Celkový tepelný výkon bytové jednotky [W], varianta A

Varianta A				
Číslo a název místnosti	Vnitřní výpočtová teplota $\Theta_{int,i}$ [°C]	Tepelné ztráty prostupem tepla [W]	Tepelné ztráty větráním [W]	Celkové tepelné ztráty [W]
2.02 – Předsíň	20	-11	0	-11
2.03 – WC	20	-21	0	-21
2.04 – Koupelna	24	109	0	109
2.05 – Obývací pokoj + KK	20	231	263	494
2.06 – Ložnice	20	140	88	228
2.07 – Dětský pokoj	20	88	88	176
2.08 – Pracovna	20	98	88	186
Celkový tepelný výkon [W]				1161

Tabulka 10: Celkový tepelný výkon bytové jednotky [W], varianta B

Varianta B				
Číslo a název místnosti	Vnitřní výpočtová teplota $\Theta_{int,i}$ [°C]	Tepelné ztráty prostupem tepla [W]	Tepelné ztráty větráním [W]	Celkové tepelné ztráty [W]
2.02 – Předsíň	20	-18	0	-18
2.03 – WC	20	-21	0	-21
2.04 – Koupelna	24	117	0	117
2.05 – Obývací pokoj + KK	20	396	263	659
2.06 – Ložnice	20	207	88	295
2.07 – Dětský pokoj	20	137	88	225
2.08 – Pracovna	20	151	88	239
Celkový tepelný výkon [W]				1496

2.2 Výpočet tepelných zisků

Výpočet se provádí pro slunný den 21. července a pro hodinu ve které lze předpokládat největší tepelné zisky. Dle normy ČSN 730548 rozlišujeme tepelné zisky z vnějšího prostředí a tepelné zisky z vnitřního prostředí. Teplota venkovního vzduchu pro výpočet se uvažuje 32 °C a vnitřní teplota 26 °C. Výpočet bude proveden pro obě varianty obvodového pláště. [8]

2.2.1 Tepelné zisky z vnějšího prostředí

Tepelné zisky z vnějšího prostředí jsou většinou rozhodující pro výsledek výpočtu tepelných zisků. Tepelný tok prosklenými částmi konstrukcí se dělí na prostup tepla konvekcí a prostup tepla solární radiací. [8]

Prostup tepla konvekcí

$$Q_{ok} = U_o \times S_o \times (t_E - t_i) \quad [W]$$

Kde: U_o ... součinitel prostupu tepla, tab. 8 [W/m².K]

S_o ... plocha okna včetně rámu [m²]

$(t_E - t_i)$... rozdíl teplot na vnější a vnitřní straně zasklení [K]

[8]

Prostup tepla konvekcí byl vypočítán v programu Excel (příloha č. 10) a výsledky zapsány do tabulky č. 11 a 12.

Tabulka 11: Prostup tepla konvekcí, varianta A

Varianta A					
Označení okna	U_o (W/m².K)	S_o (m²)	t_E (K)	t_i (K)	Q_{ok} (W)
OD1	0,7	2,25	32	26	9
OD2	0,7	2,25	32	26	9
OD3	0,7	2,25	32	26	9
OD4	0,7	3	32	26	13
OD5	0,7	2,25	32	26	9
OD6	0,7	2,25	32	26	9
Celkem					60

Tabulka 12: Prostup tepla konvekcí, varianta B

Varianta B					
Označení okna	U_o (W/m².K)	S_o (m²)	t_E (K)	t_i (K)	Q_{ok} (W)
OD1	1,2	2,25	32	26	16
OD2	1,2	2,25	32	26	16
OD3	1,2	2,25	32	26	16
OD4	1,2	3	32	26	22
OD5	1,2	2,25	32	26	16
OD6	1,2	2,25	32	26	16
Celkem					103

Tepelné zisky sluneční radiací oknem

$$Q_{OR} = [S_{OS} \times I_o \times c_o + (S_o - S_{OS}) \times I_{ODIF}] \times s \quad [W]$$

Kde: S_{OS} ... osluněný povrch okna ve výpočtu uvažován stejný jako S_o [m^2]

I_o ... celková intenzita sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením (tabulka č. 14) [W/m^2]

c_o ... korekce na čistotu atmosféry; 1,15 pro venkovskou oblast, 0,85 pro městskou část a průmysl [-]

I_{ODIF} ... celková intenzita difúzní sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením [W/m^2]

s ... stínící součinitel [-] (tabulka č. 13) [-]

[8]

Tabulka 13: Tabulka stínících součinitelů [8]

Druh zasklení	s	Stínící prostředky	s
jednoduché okno	1,00	vnitřní žaluzie, lamely 45° světlé	0,56
dvojitě okno	0,90	vnitřní žaluzie, lamely 45° střední barvy	0,65
jednoduché determální okno	0,70	vnitřní žaluzie, lamely 45° tmavé	0,75
vnější determální vnitřní obyčejné	0,60	vnější žaluzie lamely 45° světlé	0,15
reflexní sklo jednoduché, průměrná jakost	0,70	vnější žaluzie, lamely 45° ven jasné, dovnitř tmavé	0,13
reflexní sklo dvojitě, špičkové výrobky	0,24	vnější markýzy meziprostor větrán	0,3
vnější reflexní sklo průměrné jakosti, vnitřní obyčejné	0,60	meziokenní žaluzie prostor nevětrán	0,5
zdvojené reflexní sklo, dobré jakosti	0,30	reflexní záclony světlé (vnější reflexní vrstva)	0,6
barevné vrstvy stříkané světlé	0,80	závěsy: bavlna, umělá vlákna	0,8
barevné vrstvy stříkané střední	0,70	reflexní záclony tmavé (vnější reflexní vrstva)	0,7

Tabulka 14: Intenzity sluneční radiace pro měsíc červenec [9]

Den/měsíc	Směr	Celková intenzita sluneční radiace I_o (W/m^2) procházející oknem s jednoduchým zasklením a ocelovým rámem při průměrném znečištění atmosféry, pro 50° s.š														
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
21. červenec $z = 5$	S	45	87	80	100	117	130	139	141	139	130	117	100	80	87	45
	SV	85	287	361	321	217	135	139	141	139	130	117	100	78	53	24
	V	83	322	481	539	505	389	232	141	139	130	117	100	78	53	24
	JV	41	180	335	452	511	506	437	316	185	130	117	100	78	53	24
	J	24	53	78	128	230	335	409	435	409	335	230	128	78	53	24
	JZ	24	53	78	100	117	130	185	316	437	506	511	452	335	180	41
	Z	24	53	78	100	117	130	139	141	232	389	505	539	481	322	83
	SZ	24	53	78	100	117	130	139	141	139	135	217	321	361	287	85
	HOR	41	122	249	397	534	640	706	729	706	640	534	397	249	122	41

Tepelné zisky sluneční radiace jsou spočteny v programu Excel (příloha č. 10) a výsledky zapsány do tabulky č. 15. Do výpočtu se uvažuje zdvojené reflexní sklo dobré jakosti a jako stínící prostředek byly použity vnitřní světlé žaluzie lamely 45°. Hodnota celkové intenzity sluneční radiace odpovídá příslušné světové straně a do výpočtu se dosazuje nejvyšší hodnota z celého dne. [8]

Tabulka 15: Tepelné zisky sluneční radiace

Označení okna	S_{os} (m^2)	I_o (W/m^2)	c_o (-)	S_o (m^2)	s (-)	Q_{OR} (W)
OD1	2,25	141	0,85	2,25	0,168	45
OD2	2,25	141	0,85	2,25	0,168	45
OD3	2,25	141	0,85	2,25	0,168	45
OD4	3	141	0,85	3	0,168	60
OD5	2,25	435	0,85	2,25	0,168	140
OD6	2,25	435	0,85	2,25	0,168	140
Celkem						476

2.2.2 Tepelné zisky od vnitřních zdrojů tepla

Tepelné zisky od lidí

Pro výpočet tepelných zisků od lidí se uvažuje vnitřní teplota obytných místností 26 °C. V bytě se trvale nachází čtyři osoby, jeden muž, jedna žena a dvě děti. V tabulce č. 16 je uvedeno množství produkce tepla lidí podle činnosti člověka. [11]

Tabulka 16: Produkce tepla lidí [10]

Činnost člověka	Místo činnosti	Hodnoty metabolického tepla (W)	Produkce tepla lidí Q_1 ve W pro teplotu vzduchu 26 °C	
			Teplo citelné	Vodní pára
			W	g/h
Sedící, odpočívající	divadlo, kino	115	62	79
Sedící, mírně aktivní	kanceláře, byt	140	62	116
Stojící, lehká práce, vaření, mytí	obchody, sklady	150	60	134
Chodící, přecházející	obchodní domy, banky	160	64	143
Náročnější fyzická práce	dílny	240	66	244
Mírný tanec		260	77	273

Produkce citelného tepla žen a dětí je menší než u mužů, proto se provede přepočít podle vzorce:

$$i_1 = 0,85i_z + 0,75i_d + i_m$$

Kde: i_z ... počet žen

i_d ... počet dětí

i_m ... počet mužů

$$i_1 = 0,85 \times 1 + 0,75 \times 2 + 1 = 3,35$$

$$Q_1 = 3,35 \times 62 = \underline{\underline{207 \text{ W}}}$$

[11]

2.2.3 Celková tepelná zátěž

Celková tepelná zátěž obou variant obvodového pláště je vypočtena v tabulce č. 17.

Tabulka 17: Celková tepelná zátěž

	Varianta A	Varianta B
Prostup tepla konvekcí	60	103
Tepelné zisky sluneční radiací oken	476	476
Tepelné zisky od lidí	207	207
Celková tepelná zátěž (W)	743	786

2.3 Potřeba vzduchu

V bytovém domě je navržen rovnotlaký větrací systém se zpětným získáváním tepla.

2.3.1 Výpočet množství čerstvého vzduchu

Tento výpočet byl proveden pro jednotlivé místnosti v tabulkách pro zjednodušený výpočet tepelného výkonu, která souhlasí s normou ČSN EN 12831 (příloha č. 11). Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 18 pro obě varianty obvodového pláště.

Tabulka 18: Množství čerstvého vzduchu pro jednotlivé místnosti v bytě

Číslo a název místnosti	Množství čerstvého vzduchu V_e [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]
2.05 – obývací pokoj + KK	150
2.06 – ložnice	50
2.07 – dětský pokoj	50
2.08 - pracovna	50
Celkem	300

2.3.2 Výpočet množství přiváděného vzduchu

$$V_p = V_e + V_c \quad [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$$

Kde: V_p ... množství přiváděného vzduchu $[\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$

V_e ... množství venkovního vzduchu $[\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$

V_c ... množství cirkulačního vzduchu $[\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$

[12]

Odvod tepelné zátěže

$$V_p = \frac{Q_{zatez}}{\rho \cdot c_v (t_i - t_p)} \quad [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$$

Vytápění

$$V_p = \frac{Q_{ztrata}}{\rho \cdot c_v (t_p - t_i)} \quad [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$$

Kde: V_p ... množství přiváděného vzduchu pro odvod tepelné zátěže nebo vytápění $[\text{m}^3/\text{s}]$

Q_{zatez} ... celková tepelná zátěž citelným teplem $[\text{W}]$

Q_{ztrata} ... celková tepelná ztráta $[\text{W}]$

t_i ... teplota interiérového vzduchu $[\text{°C}]$

t_e ... teplota přiváděného vzduchu $[\text{°C}]$

ρ ... měrná hmotnost vzduchu $[\text{kg}/\text{m}^3]$

c_v ... měrná tepelná kapacita vzduchu $[\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})]$

[12]

Výpočet množství přiváděného vzduchu V_p pro odvod tepelné zátěže a pro vytápění je vypočítán v programu Excel (příloha č. 11). Výsledná potřeba množství vzduchu pro variantu A i B v zimním období při vytápění jsou zapsány v tabulce č. 19.

Tabulka 19: Množství přiváděného vzduchu při vytápění

Vytápění			
	V_e [$m^3 \cdot h^{-1}$]	V_c [$m^3 \cdot h^{-1}$]	V_p [$m^3 \cdot h^{-1}$]
Varianta A	300	275	575
Varianta B	300	441	741

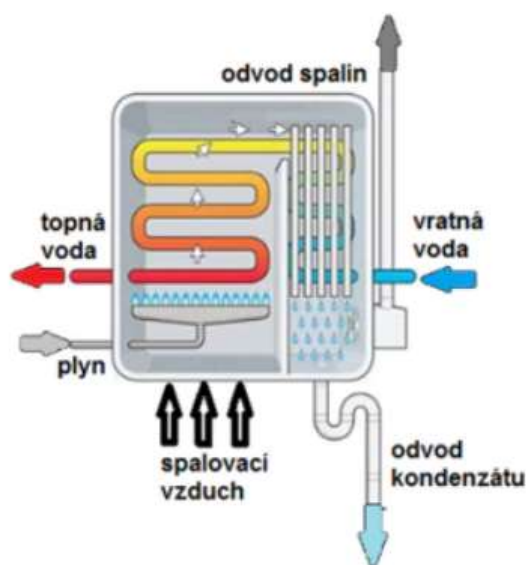
3 Varianty zdrojů tepla pro bytové domy

3.1 Teplovodní kotel

Kotel je zařízení, které slouží nejčastěji k ohřevu vody, může se také použít pro výrobu páry z vody, nebo k ohřevu jiné látky (např. oleje). Při spalování paliva se získává teplo, které vzniká exotermickými chemickými reakcemi. Podle použitého paliva se rozeznáváme kotle na tuhá, plyná, kapalná, nebo na směsi paliv. [13]

3.1.1 Kondenzační plynový kotel

Kondenzační plynový kotel se vyznačuje vysokou účinností. Oproti konvenčním plynovým kotlům, které mají účinnost 80–90 %, mají kondenzační kotle účinnost až 110 % výhřevnosti paliva. Způsobuje to teplo, které vzniká z kondenzace vodní páry ve spalinách. Spotřeba plynu je oproti klasickým kotlům menší až o 30 %. Zjednodušené schéma plynového kotle je znázorněno na obrázku č. 2. [14]

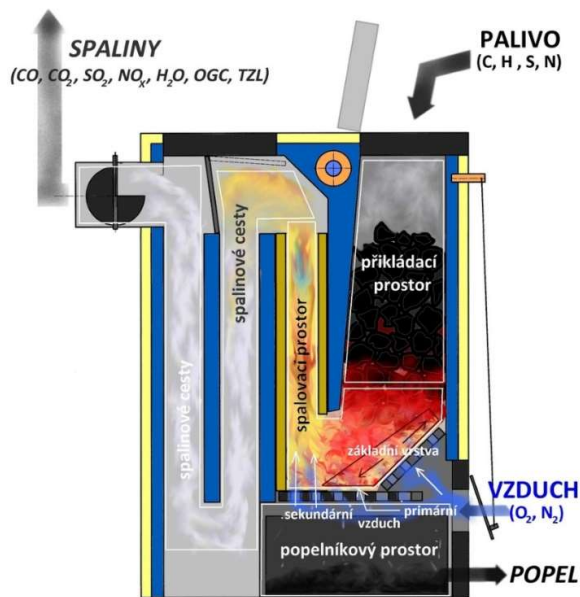


Obrázek 2: Zjednodušené schéma kondenzačního kotle [15]

3.1.2 Kotel na pevná paliva

Kotle na pevná paliva mají výhodu v tom, že mají relativně vysokou účinnost a jsou šetrné k životnímu prostředí. Dělí se na kotle automatické a s ručním příkládáním. Automatické kotle se používají převážně v objektech bez přívodu plynu, kde jsou požadovány nízké náklady na pořízení a provoz, a zároveň je požadován vysoký komfort obsluhy. Dokážou

spalovat kusové dřevo, hnědé a černé uhlí, dřevěné pelety nebo koks. Schéma kotle na tuhá paliva je na obrázku č. 3. [16]



Obrázek 3: Schéma kotle na tuhá paliva [17]

3.1.3 Elektrokotel

Elektrokotle mají výhodu v jednoduché obsluze a instalaci. Jejich účinnost může být až 99 %. Elektrokotel pracuje na tzv. teplovodním principu, kdy se voda v topné soustavě ohřívá díky odporovým topným tyčím. Vyplatí se především u nízkoenergetických nebo pasivních domů, z důvodu poměrně vysoké ceny elektřiny. [18]

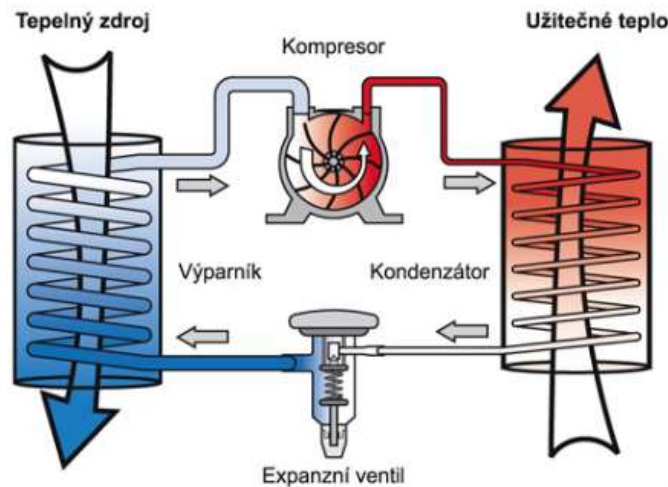
3.1.4 Zhodnocení teplovodních kotlů

V případě návrhu teplovodního kotle při zadaných parametrech by bylo nejvhodnější zvolit kondenzační plynový kotel pro centrální vytápění. Mezi výhody oproti ostatním kotlům patří především úspora energie, rychlá návratnost počáteční investice a šetrnost k životnímu prostředí. Dále minimum poruch, čistota provozu a snadná obsluha a regulace. [30] [31]

Pro návrh zdroje by byl zvolen kondenzační plynový kotel o výkonu 49,5 kW s napojením na nepřímotopný zásobník teplé vody o objemu 1000 litrů.

3.2 Tepelná čerpadla

Tepelné čerpadlo funguje na principu odnímání tepla z okolí objektu, např. z vody, země, nebo vzduchu. Tohle teplo je poté převedeno na vyšší teplotní hladinu, která se může použít pro vytápění nebo ohřev teplé vody. Tento převod na vyšší teplotu se získá díky stlačení par chladiva v kompresoru. [19]



Obrázek 4: Princip tepelného čerpadla [20]

Podle zdroje tepla se tepelná čerpadla rozlišují na čtyři základní typy:

- vzduch – voda
- země – voda
- voda – voda
- vzduch – vzduch

3.2.1 Tepelné čerpadlo „vzduch – voda“

Tento typ tepelného čerpadla je nejvíce využíván u objektu s malým pozemkem. Energie se získává ze vzduchu a získané teplo je dále používáno do topného systému, nebo pro ohřev teplé vody. Při teplotách pod $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ je nutné využít doplňkový zdroj tepla, aby byl zachován potřebný výkon. [21]

3.2.2 Tepelné čerpadlo „země – voda“

Teplo ze země je odebíráno z plošného kolektoru, nebo z geotermálního vrtu. Pro plošný kolektor je zapotřebí rozsáhlý pozemek, kde se pod povrch terénu uloží plastové trubky s nemrznoucí směsí, která přenáší teplo. Při geotermálním vrtu je zapotřebí mít

dostatečný počet a dostatečně hluboké vrty. I pro tento typ tepelného čerpadla je zapotřebí doplňkový zdroj tepla, který se spustí při $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. [21]

3.2.3 Tepelné čerpadlo „voda – voda“

Zdrojem energie může být povrchová, podzemní, nebo spodní voda. Tento typ čerpadla se vyznačuje nejvyšší účinností z důvodu stálé, poměrně vysoké teploty podzemní vody. Pro správný chod tepelného čerpadla je nutné zajistit dostatek přírodní vody. Voda se přečerpá ze zdrojové studny do výměníku tepla, kde se ochladí, a poté se přes vsakovací studnu vrací do druhé studny, která je vzdálena alespoň 15 metrů od zdrojové. Tepelné čerpadlo „voda – voda“ je ekonomicky výhodnější, ale zároveň náročnější na údržbu. [21]

3.2.4 Tepelné čerpadlo „vzduch – vzduch“

Účinnost tohoto typu čerpadla je závislá na teplotě venkovního vzduchu, která by neměla klesnout pod $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vyznačuje se nízkými prvotní náklady z důvodu jednoduché instalace. Mezi nevýhody patří vysoká hlučnost čerpadla a že jej nelze použít pro ohřev teplé užitkové vody. Tepelné čerpadlo „vzduch – vzduch“ se nepoužívá v objektech s malými místnostmi. [21]

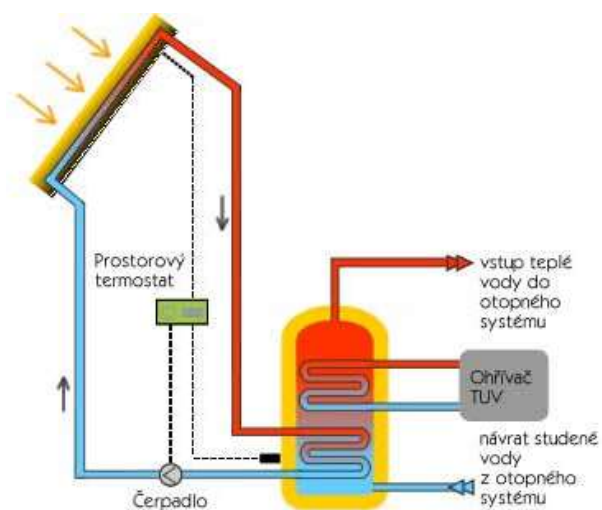
3.2.5 Zhodnocení tepelných čerpadel

Nejlepší varianta tepelného čerpadla pro zadaný bytový dům je bezpochyby typ „vzduch – voda“, jelikož není nutné mít velký pozemek, ani rozlehlou vodní plochu. Při velmi nízkých teplotách je ale potřeba přídavný zdroj tepla. [32]

Pro návrh tepelného čerpadla jako zdroje na vytápění byly zvoleny tři tepelná čerpadla o výkonu 16 kW zapojená kaskádovitě. Kaskádovité zapojení je výhodné, jelikož dodává pouze potřebné množství energie, a tím zajišťuje rychlou návratnost počátečních nákladů. Jako přídavný zdroj zde slouží integrovaný zásobník tepla, který v případě potřeby dodá teplo pomocí elektrických topných patron.

3.3 Solární termické kolektory

Solární kolektory se používají pro ohřev teplé vody a pro podporu vytápění. Jedná se o ekologicky šetrnou volbu. Solární termický systém se skládá z kolektorů a solárního okruhu, ve kterém proudí solární médium. Při dopadu slunečních paprsků na kolektor se ohřeje solární médium a toto teplo se dále přivede do vyrovnávací nádrže, nebo do zásobníku pitné vody. Toto teplo dále vede do domácího okruhu jako podpora topného okruhu nebo pro ohřev teplé vody. Princip solárního systému se nachází na obrázku č. 5. [22]



Obrázek 5: Schéma solárního systému [23]

4 Distribuční prvky

4.1 Zásady návrhu distribučních prvků

Hlavním úkolem distribučních prvků je odsávat znečištěný vzduch s co největší koncentrací škodlivých látek. Umístění prvku pro odvod vzduchu musí být takové, aby nedocházelo ke zkratu s přívodním potrubím. To se může stát, když je přívod i odvod umístěn ve stropě. A protože se chladný vzduch drží u stropu, tak se odvádí čerstvý přívodní vzduch a tím se ztrácí účinnost výměny vzduchu.

Návrh správné vyústky nemá stanovená univerzální pravidla. Jinak se navrhuje pro obytné a jinak pro průmyslové prostory. Při návrhu se musí dodržovat tyto obecné zásady:

- zajistit přívod vzduchu do pásma pobytu lidí bez vzniku průvanu
- zajistit odvod vzduchu s maximální koncentrací škodlivin
- dodržet přípustnou hladinu akustického tlaku

Správná funkce distribučních prvků závisí na tvaru místnosti, teplotě a množství přiváděného vzduchu, typu prvku a jeho nastavení a vzdálenosti mezi nimi. [24]

4.2 Typy distribučních prvků

4.2.1 Obdélníkové výusti

Tvoří je rámeček, v němž jsou umístěny nastavitelné lamely. Těmi je možné nastavit směr proudu vzduchu. Pro přívod se používají výusti s dvouřadými lamelami v horizontálním i vertikálním směru. Pro odvod se používají pouze jednořadé lamely. Výusti se používají jak pro průmyslové objekty, tak pro obytné objekty. [24]



Obrázek 6: Obdélníkové výusti a) standardní b) do kruhového potrubí [24]

4.2.2 Štěrbínové vyústky

Používají se především pro komfortní větrání (kanceláře, konferenční sály atd.) a jsou vhodné pro místnosti s vysokými stropy. Mohou sloužit jako vzduchové clony. Vyznačují se vysokou hlučností. [24]



Obrázek 7: Štěrbínový vyústek [24]

4.2.3 Trysky (dýzy)

Trysky umožňují přivádět vzduch vysokou rychlostí (až 5 m/s) a do velké vzdálenosti. Jejich předností je také nízká hlučnost. Vyrábějí se pro průtok vzduchu až 2000 m³/h. Jsou určeny pro rozlehlé prostory, jako např. odbavovací haly, tělocvičny, sportovní haly atd. Trysky se používají samostatně, nebo se můžou sdružovat do pole trysek. [24]



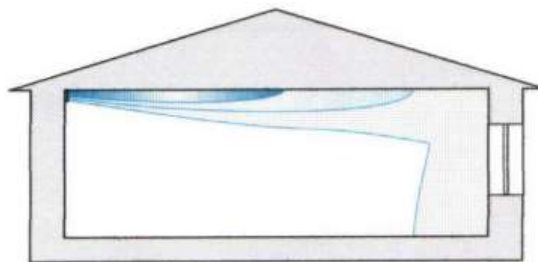
a)



b)

Obrázek 8: a) samostatná tryska b) pole trysek [24]

V dnešní době je moderní provedení s dýzami umístěnými ve svislé stěně pod stropem. Vysoká rychlost proudění zajišťuje tzv. coanda efekt (podstropní efekt), kdy se vzduch „přilepí“ ke stropu a tím proudění vzduchu dosahuje do velké vzdálenosti. [33]



Obrázek 9: Podstropní efekt proudění vzduchu [33]

4.2.4 Anemostaty

Bývají umístěny většinou v podhledech, ale mohou se vyskytnout i volně pod stropem (např. obchodní domy). Jsou vhodné pro přívod i odvod vzduchu a bývají umístěny ve výšce 2,6 až 4 m. Díky pevným lamelám na výtokové ploše je zaručen přívod vzduchu do všech směrů.

Speciálně se používají vířivé anemostaty s nastavitelnými nebo pevnými lamelami. Používají se převážně pro přívod vzduchu do výšky až 6 m. Jsou vhodné pro prostory s vysokou tepelnou zátěží (např. obchodní, administrativní plochy s výrazným podílem prosklených ploch). [24]



Obrázek 10: Různá uspořádání anemostatů [24]

4.2.5 Podlahové výústky

Umisťují se většinou do falešných dvojitých podlah, kde je vedeno potrubí. Kvůli riziku vzniku průvanu se instalují tam, kde se neuvažuje s dlouhodobým pobytem osob. Pro vířivý efekt je podlahová výúst' tvořena mřížkou, která je umístěna na otočném kotouči a umožňuje vertikální nebo horizontální výstup vzduchu. [24]



Obrázek 11: Uspořádání podlahových výústí [24]

4.2.6 Talířové ventily

Mohou být použity pro přívod i pro odvod vzduchu a jsou vhodné především pro malé průtoky vzduchu 30 až 200 m³/h. Ventil je sestavený ze vstupního kuželu a nastavitelným středovým diskem pro regulaci průtoku vzduchu. [24]



Obrázek 12: Talířový ventil a) odvodní b) přívodní [24]

4.3 Návrh distribučních prvků

Pro přívod vzduchu v obytných místnostech (obývací pokoj, pracovna, ložnice dětský pokoj) byly navrženy talířové ventily umístěny na stropě. Tyto ventily dostatečně dodají potřebné množství čerstvého vzduchu do celé místnosti.

Odvod vzduchu v kuchyňském koutě je zajištěn přes digestoř. Na WC, v koupelně a předsíni je navržen odtah vzduchu pomocí talířového ventilu na stropě.

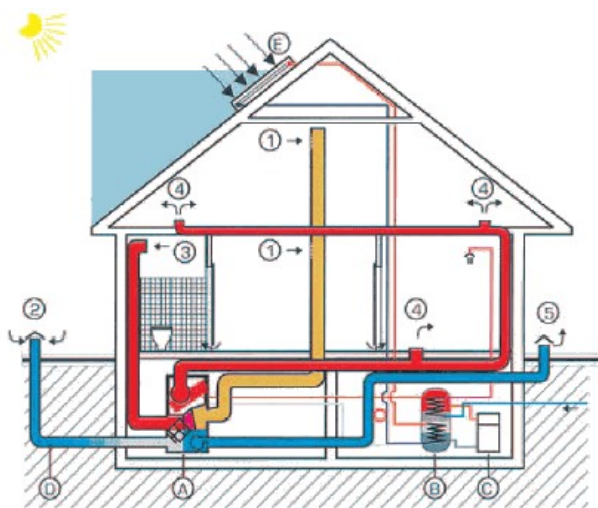
5 Otopné systémy

5.1 Teplovzdušné vytápění

Komfortní systém teplovzdušného vytápění a větrání s rekuperací tepla je moderní a ekonomický systém. Vzduchotechnické rozvody jsou uspořádány do dvou okruhů. Primární okruh zajišťuje cirkulační teplovzdušné vytápění nebo chlazení a přivádí vzduch do obytných místností přes distribuční prvky. Vzduch je přiveden podlahovými mřížkami, nebo ze stropu pomocí talířových ventilů. Sekundární okruh je zcela oddělený a odvádí vzduch ze sociálních zařízení, kuchyní a jiných místností do venkovního prostředí.

Vzduch pro rovnotlaké vytápění a větrání se dohřívá v teplovodním výměníku jednotky a poté je přiveden do obytných místností. Vzduchotechnická jednotka pro centrální teplovzdušné vytápění se nachází v technické místnosti, případně v kotelně, a skládá se z rekuperačního výměníku, směšovací části, přívodního a odvodního ventilátoru a filtru.

Příklad použití teplovzdušného vytápění s rekuperací, integrovaným zásobníkem tepla pro vytápění a ohřevem TUV a solárním ohřevem se nachází na obrázku č. 13. [25] [26]



- | | |
|---|--|
| A - Větrací jednotka pro teplovzdušné vytápění s rekuperací tepla | 1 - vstup cirkulačního vzduchu do jednotky |
| B - Integrovaný zásobník tepla pro vytápění s ohřevem TUV | 2 - vstup čerstvého vzduchu |
| C - kotel na přípravu teplé vody pro vytápění | 3 - vstup odpadního znečištěného vzduchu |
| D - zemní kolektor | 4 - výstup čerstvého a cirkulačního vzduchu - vytápění |
| E - solární kolektor | 5 - výstup odpadního znečištěného vzduchu |

Obrázek 13: Příklad teplovzdušné vytápění [27]

5.2 Teplovodní vytápění

Teplovodní vytápění je nejpoužívanější způsob vytápění. Používá se pro vytápění nejrůznějších prostor, např. byty, rodinné domy, bytové domy, administrativní objekty a výjimečně i objekty průmyslové. Dělí se na etážové vytápění nebo ústřední.

Základní typy teplovodního vytápění jsou otopná tělesa a podlahové, stropní nebo stěnové topení, a jejich nejrůznější kombinace. Jako zdroj vytápění se může použít kondenzační plynový kotel, elektrické kotle, kotle na pevná paliva, nebo ekologicky šetrnější zdroje jako jsou např. tepelná čerpadla, nebo pro podporu vytápění solární kolektory. [28]

Podle skutečné pracovní teploty se dělí soustavy na nízkoteplotní nebo klasického typu. Nízkoteplotní mají nejvyšší provozní teplotu do 60 °C a výpočtovým teplotním spádem např. 55/45 °C, 45/35 °C, 35/25 °C. Soustavy klasického typu se vyznačují nejvyšší provozní teplotou mezi 70–90 °C a výpočtovým teplotním spádem např. 90/70 °C, 80/60 °C, 70/50 °C. [29]

5.3 Zhodnocení otopných systémů

Nejlepší volbou pro zadaný bytový dům je bezpochyby systém teplovzdušného vytápění. Hlavní výhodou tohoto systému oproti teplovodnímu je zajištění hygienických požadavků a naprostá kontrola kvality vzduchu v místnosti. Dalšími výhodami rychlost vytopení místnosti a možnost zpětného získávání tepla.

Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout vhodný otopný systém pro zadaný bytový dům, a to včetně zdroje tepla, vzduchotechnické jednotky, distribučních prvků a výpočtu tlakových ztrát v potrubí. Návrh byl vytvořen pomocí výpočtů pro variantu A, které byly podloženy vnitřními i vnějšími tepelně technickými parametry pro zadaný objekt.

Do bytového domu byl navržen systém teplovzdušného vytápění. Tento systém se skládá ze vzduchotechnické jednotky, která zajišťuje vytápění, chlazení a přívod čerstvého vzduchu do jednotlivých místností. Jednotka je vybavena výměníky pro zpětné získávání tepla, díky kterým se značně zmenší tepelné ztráty do venkovního prostoru. Jako vhodná varianta zdroje otopného systému byla zvolena tepelná čerpadla „vzduch – voda“ v kaskádovitém zapojení. Jako přídatný zdroj byl navržen integrovaný zásobník tepla podporovaný solárními termickými kolektory. Dle tohoto návrhu byl zpracován projekt v podrobnosti dokumentace pro provádění stavby.

Tento navržený systém je vhodný, moderní a elegantní řešení pro zadaný bytový dům. Zároveň je výhodný díky bezobslužné regulaci dle potřeby uživatelů v jednotlivých bytech a v neposlední řadě z ekonomického hlediska.

Seznam použitých zdrojů

- [1] JELÍNEK, V., LINHARTOVÁ, V., 2014. *TZB info: Nejnavštěvovanější portál pro stavebnictví a technická zařízení budov* [online]. [vid. 1. 4. 2020]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/11927-vstupni-parametry-pro-navrh-interniho-mikroklimatu>.
- [2] DVOŘÁKOVÁ, P., KABELE, K., VEVERKOVÁ, Z., 2015. *ASB architektura stavebnictví byznis* [online]. [vid. 1. 4. 2020]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vetrani-a-klimatizace/vnitri-prostredi-budov>.
- [3] *TZB info: Nejnavštěvovanější portál pro stavebnictví a technická zařízení budov* [online]. [vid. 3. 4. 2020]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepelna-ochrana-budov-cast-2-pozadavky>.
- [4] KUPSA, T., 2011. *TZB info: Nejnavštěvovanější portál pro stavebnictví a technická zařízení budov* [online]. [vid. 4. 4. 2020]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/7595-nova-csn-73-0540-2-tepelna-ochrana-budov-pozadavky>.
- [5] VOJTÍŠKOVÁ, A., 2017. *iReceptář* [online]. [vid. 6. 4. 2020]. Dostupné z: <https://www.ireceptar.cz/domov-a-bydleni/nizkoenergeticky-dum-ma-vubec-nejaka-proti.html>.
- [6] MATHAUSEROVÁ, Z., 2013. *TZB info: Nejnavštěvovanější portál pro stavebnictví a technická zařízení budov* [online]. [vid. 6. 4. 2020]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/9595-hygienicke-pozadavky-na-vnitri-prostredi-staveb>.
- [7] *Atrea* [online]. [vid. 6. 4. 2020]. Dostupné z: <https://www.atrea.cz/cz/co-je-to-rekuperace>.

- [8] AMBROŽOVÁ, I., HORÁK, P., 2012. *TZB info: Nejnavštěvovanější portál pro stavebnictví a technická zařízení budov* [online]. [vid. 6. 4. 2020]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/8972-stanoveni-tepelnych-zisku-zaskleni-ze-slunecniho-zareni-v-energetickem-hodnoceni-budov>.
- [9] CHYNSKÝ, J., HEMZAL, K., 1993 in *TZB info: Nejnavštěvovanější portál pro stavebnictví a technická zařízení budov* [online]. [vid. 10. 4. 2020]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/64-intenzity-slunecni-radiace-prochazejici-oknem>
- [10] CHYNSKÝ, J., HEMZAL, K., aj., 1993 in *TZB info: Nejnavštěvovanější portál pro stavebnictví a technická zařízení budov* [online]. [vid. 10. 4. 2020]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/61-produkce-tepla-a-vodni-pary-od-lidi>.
- [11] GEBAUER, G., RUBINOVÁ, O., 2006 in *TZB info: Nejnavštěvovanější portál pro stavebnictví a technická zařízení budov* [online]. [vid. 10. 4. 2020]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/3065-tepelne-zisky-od-vnitrnich-zdroju>.
- [12] ČVÚT: *Katedra technických zařízení budov* [online]. [vid. 15. 4. 2020]. Dostupné z: http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/62/du1_vypocet-mnozstvi-ventraciho-vzduchu_vzorci.pdf.
- [13] BALÁŠ, M., LISÝ, M., MOSKALÍK, J., 2012. *TZB info: Nejnavštěvovanější portál pro stavebnictví a technická zařízení budov* [online]. [vid. 15. 4. 2020]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/8382-kotle-1-cast>.
- [14] BŘEZINOVÁ, J., 2019. *Plyn.cz* [online]. [vid. 15. 4. 2020]. Dostupné z: <https://www.plyn.cz/vyznejte-se-v-plynovych-kotlich>.
- [15] *Viessmann* [online]. [vid. 15. 4. 2020]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/jak-vybrat-plynovy-kotel.html>.
- [16] *AAA radiatory* [online]. [vid. 15. 4. 2020]. Dostupné z: <https://www.aaradiatory.cz/kotle-na-tuha-paliva-c2106/>.

- [17] LYČKA, Z., 2013. *TZB info: Nejnavštěvovanější portál pro stavebnictví a technická zařízení budov* [online]. [vid. 16. 4. 2020]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9767-zakladni-pojmy-a-definice-k-tematu-teplvodni-kotle-na-pevna-paliva>.
- [18] PONCAROVÁ, J., 2018. *Dřevostavitel: online svět dřevostaveb* [online]. [vid. 17. 4. 2020]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/elektrokotel>.
- [19] *IVT: tepelná čerpadla* [online]. [vid. 16. 4. 2020]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/princip-tepelnych-cerpadel>.
- [20] *VEOLIA: voda* [online]. [vid. 16. 4. 2020]. Dostupné z: <http://www.veoliawater2energy.com/cz/reference/tepelna-cerpadla/>.
- [21] KOLKOVÁ, O., 2020. *Bydlení pro každého: Vytápění & klimatizace* [online]. [vid. 1. 5. 2020]. Dostupné z: <https://vytapani-klimatizace.bydleniprokazdeho.cz/alternativni-a-ekologicke-tepelne-zdroje/tepelna-cerpadla-prehled-typu-a-jejich-vyhody-a-nevyhody.php>.
- [22] *Viessmann* [online]. [vid. 1. 5. 2020]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/obytne-budovy/solarni-systemy.html>.
- [23] 2012, *Solární vytápění a elektrárny* [online]. [vid. 1. 5. 2020]. Dostupné z: <http://www.solarni-vytapani.eu/nabidka/kapalinove-solarni-systemy/>.
- [24] LAIN, M., ZMRHAL, V., 2007. *TZB info: Nejnavštěvovanější portál pro stavebnictví a technická zařízení budov* [online]. [vid. 5. 5. 2020]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vzduchotechnicka-zarizeni/4139-prvky-vetracich-a-klimatizacnich-zarizeni-ii-2-cast>.
- [25] *SORKE* [online]. [vid. 5. 5. 2020]. Dostupné z: <https://www.sorke.cz/teplovzduzne-vytapani>.
- [26] *Rekuperace-cb* [online]. [vid. 5. 5. 2020]. Dostupné z: http://rekuperace-cb.cz/?page_id=67.
- [27] ŠALÝ, J., 2005. *TZB info: Nejnavštěvovanější portál pro stavebnictví a technická zařízení budov* [online]. [vid. 8. 5. 2020]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/2559-vytapani-priprava-tuv-a-vetrani-v-rodinnych-domech>.

- [28] *Topeterm Plzeň* [online]. [vid. 8. 5. 2020]. Dostupné z: <http://www.topeterm.cz/teplovodni-vytapeni.html>.
- [29] *ELUC* [online]. [vid. 8. 5. 2020]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/2049>.
- [30] 2018. *TZB info: Nejnavštěvovanější portál pro stavebnictví a technická zařízení budov* [online]. [vid. 9. 5. 2020]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/123799-5-vyhod-kondenzacnich-plynovych-kotlu>.
- [31] *Setop* [online]. [vid. 9. 5. 2020]. Dostupné z: <https://www.setop.cz/prumyslove-kotelny/kotelna-bytovy-dum-prumyslova/>.
- [32] 2017. *TZB info: Nejnavštěvovanější portál pro stavebnictví a technická zařízení budov* [online]. [vid. 9. 5. 2020]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/15894-kdy-se-vyplati-vytapet-bytovy-dum-tepelnym-cerpadlem>.
- [33] ČVÚT: Katedra technických zařízení budov. Distribuce vzduchu při nuceném větrání [online]. [vid. 16. 5. 2020]. Dostupné z: http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/62/distribuce_vzduchu_pri_nucenem_v_etrani.pdf.

Seznam tabulek

Tabulka 1: Výpočtové venkovní teploty v České republice [1]	10
Tabulka 2: Vnitřní výpočtové teploty v otopném období [1]	11
Tabulka 3: Teplota přilehlé zeminy [1]	11
Tabulka 4: Kategorie vnitřního prostředí dle ČSN EN 15251 [2].....	12
Tabulka 5: Teplotní rozsahy v místnostech obytných budov dle ČSN EN 15251 [1]....	12
Tabulka 6: Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převládající návrhovou vnitřní teplotou Φ_{im} 18 až 22 °C včetně [3].....	13
Tabulka 7: Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15665/Z1 [6].....	15
Tabulka 8: Součinitelé prostupu tepla pro variantu A i B	17
Tabulka 9: Celkový tepelný výkon bytové jednotky [W], varianta A.....	17
Tabulka 10: Celkový tepelný výkon bytové jednotky [W], varianta B	18
Tabulka 11: Prostup tepla konvekcí, varianta A.....	19
Tabulka 12: Prostup tepla konvekcí, varianta B	19
Tabulka 13: Tabulka stínících součinitelů [8]	20
Tabulka 14: Intenzity sluneční radiace pro měsíc červenec [9].....	21
Tabulka 15: Tepelné zisky sluneční radiace	21
Tabulka 16: Produkce tepla lidí [10]	22
Tabulka 17: Celková tepelná zátěž	23
Tabulka 18: Množství čerstvého vzduchu pro jednotlivé místnosti v bytě	24
Tabulka 19: Množství přiváděného vzduchu při vytápění.....	25

Seznam obrázků

Obrázek 1: Dispozice bytové jednotky s označením konstrukcí	16
Obrázek 2: Zjednodušené schéma kondenzačního kotle [15]	26
Obrázek 3: Schéma kotle na tuhá paliva [17]	27
Obrázek 4: Princip tepelného čerpadla [20]	28
Obrázek 5: Schéma solárního systému [23]	30
Obrázek 6: Obdélníkové výusti a) standardní b) do kruhového potrubí [24]	31
Obrázek 7: Štěrbinový výustek [24]	32
Obrázek 8: a) samostatná tryska b) pole trysek [24]	32
Obrázek 9: Podstropní efekt proudění vzduchu [33]	32
Obrázek 10: Různá uspořádání anemostatů [24]	33
Obrázek 11: Uspořádání podlahových výustí [24]	33
Obrázek 12: Talířový ventil a) odvodní b) přívodní [24]	34
Obrázek 13: Příklad teplovzdušné vytápění [27]	35

Seznam příloh

Výpočtová dokumentace

- Příloha č. 1–7 - Součinitelé prostupu tepla
- Příloha č. 8 - Tepelné ztráty – varianta A
- Příloha č. 9 - Tepelné ztráty – varianta B
- Příloha č. 10 - Výpočet tepelných zisků
- Příloha č. 11 - Výpočet potřeby vzduchu
- Příloha č. 12 - Návrh dimenze potrubí a tlakové ztráty
- Příloha č. 13 - Seznam prvků vzduchotechniky

Výkresová dokumentace

- Technická zpráva – teplovzdušné vytápění
 1. Půdorys 1PP
 2. Půdorys 1NP-3NP
 3. Půdorys 4NP
 4. Teplovzdušné vytápění 1NP-3NP
 5. Teplovzdušné vytápění 4NP
 6. Schéma polohy řezů
 7. Řez A-A´
 8. Řez B-B´
 9. Schéma technické místnosti

- Technické listy** - Vzduchotechnická jednotka
Integrovaný zásobník tepla
Tepelné čerpadlo
Expanzní nádoby
Distribuční prvky
Tvarovky VZT
Regulátor průtoku vzduchu