

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

STUDIE VYTÁPĚNÍ ČINŽOVNÍHO DOMU

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor: Bc. Aleš Machát

Vedoucí práce: prof. Ing. Jiří Bašta, Ph.D.

18 – TŽP – 2017

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Machát** Jméno: **Aleš** Osobní číslo: **395166**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav techniky prostředí**
Studijní program: **Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Technika životního prostředí**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Studie vytápění činžovního domu

Název diplomové práce anglicky:

Study of Heating for a Family House

Pokyny pro vypracování:

Vypracujte studii vytápění činžovního domu s možností kalorimetrického měření tepla pro jednotlivé zúčtovací jednotky. Pozornost věnujte vhodné volbě zdroje tepla, řízení jeho výkonu a nadřazenému systému regulace. Zaměřte se rovněž na větrání společenských prostor v suterénu.

Seznam doporučené literatury:

Bašta, J., Kabele, K.: Otopné soustavy teplovodní - sešit projektanta. Třetí přepracované vydání. STP 2008, ISBN 978-80-02-02064-6, 96 s.
Bašta, J.: Otopné plochy - otopná tělesa. Praha: Ediční středisko ČVUT, 2016. - 204 s. - ISBN 978-80-01-05943-2.
Bašta, J.: Regulace v technice prostředí staveb. Česká technika - nakladatelství ČVUT. Praha 2014, 194s., ISBN 978-80-01-05455-0

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

prof. Ing. Jiří Bašta Ph.D., ústav techniky prostředí FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **20.04.2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **30.06.2017**

Platnost zadání diplomové práce:



Podpis vedoucí(ho) práce



Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry



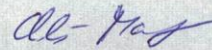
Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

20.4.2017

Datum převzetí zadání



Podpis studenta

SOUHRN

Tato diplomová práce se zabývá studií vytápění daného činžovního domu, návrhem a posouzením tepelně-technických vlastností konstrukce budovy podle platné legislativy. Dále se práce zabývá výpočtem tepelných ztrát, návrhem a regulací otopné soustavy. Ve studii je využita dvoutrubková otopná soustava s protiproudým rozvodem. Jako zdroj tepla je použit kondenzační plynový kotel. Dále se práce zabývá nuceným větráním suterénu a způsobem ohřevu teplé užitkové vody. Pro ohřev teplé užitkové vody byl zvolen přímo ohříváný zásobník. Součástí práce je výkresová dokumentace.

SUMMARY

This thesis deals with a study of a heating system for the apartment house. Design and assessment of thermal-technical properties of building construction according to current legislative. Further it deals with calculation of heat losses and with design and regulation of heating system. In this thesis is used double-pipe heating system with counter current distribution. As a source of heating is used gas condensing boiler. Further it deals air conditioning of basement and the way of design hot water preparation. As a source for hot water preparation was chosen gas furning water tank. As a part of thesis there is a drawing documents.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem: „Studie vytápění činžovního domu“ vypracoval samostatně pod vedením Prof. Ing. Jiřího Bašty, Ph.D., s použitím literatury, uvedené na konci mé diplomové práce v seznamu použité literatury.

V Praze 20.6.2017

Aleš Machát

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu této diplomové práce panu Prof. Ing. Jiřímu Baštovi, Ph.D., za jeho rady, vstřícný přístup a čas, který mi věnoval během psaní této práce.

OBSAH:

1. ÚVOD	12
1.1. Popis objektu.....	13
1.2. Vytápění.....	14
2. KOSTRUKCE OBJEKTU A TEPELNÉ ZTRÁTY	15
2.1. Prostup tepla stavební konstrukcí	15
2.2. Konstrukce dané budovy	17
2.3. Porovnání tepelně-technických vlastností dle ČSN 73 0540-2	17
2.4. Výpočet tepelných ztrát	18
3. OTOPNÁ SOUSTAVA	21
3.1. Potrubní rozvody.....	21
3.1.1. Dělení otopných soustav.....	21
3.1.2. Rozvody otopné vody v daném objektu	22
3.2. Otopná tělesa.....	22
3.2.1. Dělení otopných těles:	23
3.2.2. Umístění otopných těles	24
3.3. Výpočet tepelného výkonu otopných těles	24
4. HYDRAULICKÉ VÝPOČTY	28
4.1. Třecí tlakové ztráty	28
4.2. Ztráty místními odpory	29
4.3. Návrh průměrů potrubí	30
5. VYVÁŽENÍ OTOPNÉ SOUSTAVY	31
5.1. Vyvážení bytových okruhů.....	32
5.1.1. Termostatický regulační ventil.....	32
5.1.2. Regulační šroubení	34
5.2. Nastavení vyvažovacích ventilů	36
5.3. Oběhová čerpadla	37
6. VĚTRÁNÍ.....	40
6.1. Návrh klimatizačního systému.....	40
6.1.1. Výpočet tepelné zátěže	40

6.1.2.	Dimenzování zdroje chladu a zdroje tepla	42
6.1.3.	Distribuční prvky	49
6.1.4.	Regulace VZT soustavy.....	49
6.2.	Volba vzduchotechnické jednotky	51
6.2.1.	Přívodní ventilátor	51
6.2.2.	Ventilátor pro odvod.....	52
6.2.3.	Ohříváč	53
6.2.4.	Chladič.....	53
7.	ZDROJ TEPLA	54
7.1.	Umístění kotle v budově	55
7.1.1.	Větrání kotelny	56
8.	POJISTNÉ A ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ	57
8.1.	Pojistné zařízení	57
8.2.	Zabezpečovací zařízení.....	58
9.	REGULACE	60
10.	MĚŘENÍ TEPLA	62
11.	PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY	64
11.1.	Stanovení potřeby tepla	64
11.2.	Křivka odběru a dodávky teplé vody	66
11.3.	Zdroj tepla na ohřev teplé vody	67
12.	SPALINOVÁ CESTA	69
13.	POTŘEBA TEPLA A PALIVA PRO VYTÁPĚNÍ A PŘÍPRAVU TEPLÉ VODY	70
13.1.	Potřeba tepla pro vytápění	70
13.2.	Potřeba tepla pro přípravu teplé vody	71
13.3.	Výpočet roční potřeby paliva.....	72
14.	ZÁVĚR	74
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:	75
	SEZNAM OBRÁZKŮ	79
	SEZNAM TABULEK	80
	SEZNAM ELEKTRONICKÝCH PŘÍLOH	81
	SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE	83

POUŽITÉ ZNAČENÍ

Značka	Název	Jednotky
D	dávka čerstvého vzduch na osobu	[m ³ /h]
H_U	výhřevnost paliva	[kJ/m ³]
$H_{T,ie}$	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného do venkovního prostředí	[W/K]
$H_{T,iue}$	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného do venkovního prostoru nevytápěným prostorem	[W/K]
$H_{T,ig}$	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do zeminy	[W/K]
$H_{T,ij}$	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu	[W/K]
$H_{V,i}$	součinitel navrhované tepelné ztráty větráním	[W/K]
I_i	intenzita větrání	[h ⁻¹]
N	počet pracovních dnů soustavy	[-]
NP	nadzemní podlaží	
O_i	objem místnosti	[m ³]
P_z	tepelný výkon zdroje	[kW]
q_{SV}	produkce tepla od osvětlení.	[W/m ²]
Q_{2p}	teplo odebírané z ohřívače	[kW]
Q_{2t}	teplo pro ohřev vody	[kWh/den]
Q_{2z}	teplo ztracené při ohřevu a distribuci	[kW]
Q_N	jmenovitý výkon zdroje tepla	[kW]
Q_P	pojistný výkon	[kW]
Q_{L1}	tepelný zisk od jednoho člověka	[W]
$Q_{TV,den}$	potřeba tepla dodaného ohřívačem teplé vody	[kW]
Q_z	tepelné zisky	[W]
R_n	tepelný odpor n-té stavební konstrukce	[m ² ·K/W]
R_{se}	vnější tepelný odpor při přestupu tepla	[m ² ·K/W]

R_{si}	vnitřní tepelný odpor při přestupu tepla	$[\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}]$
R_f	vnější tepelný odpor podlahy	$[\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}]$
S_k	plocha stavební části	$[\text{m}^2]$
S_{osv}	osvětlená plocha	$[\text{m}^2]$
S_o	průřez sedla pojistného ventilu	$[\text{mm}^2]$
U	součinitel prostupu tepla	$[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$
U_{VYT+TV}	roční potřeba paliva na vytápění a ohřev teplé užitkové vody	$[\text{kWh}]$
V_{EN}	objem expanzní tlakové nádoby	$[\text{m}^3]$
V_{2p}	celková potřeba teplé užitkové vody	$[\text{m}^3/\text{den}]$
$V_{2p\ os}$	potřeba teplé užitkové vody na osobu	$[\text{m}^3/\text{den}]$
V_o	celkový objem otopné vody v soustavě	$[\text{m}^3]$
V_z	objem zásobníku	$[\text{m}^3]$
\dot{V}	objemový průtok	$[\text{m}^3/\text{h}]$
c	měrná tepelná kapacita	$[\text{J}/\text{kg} \cdot \text{K}]$
d	průměr potrubí	$[\text{m}]$
	počet dnů otopného období	$[-]$
d_v	vnitřní průměr pojistného potrubí pro vodu	$[\text{mm}]$
e_d	opravný součinitel na zkrácení doby provozu	$[-]$
e_i	opravný součinitel na nesoučasnost přírážek	$[-]$
e_k	opravný součinitel na klimatické jevy	$[-]$
e_t	opravný součinitel na snížení vnitřní teploty při přerušení vytápění	$[-]$
$f_{\Delta t}$	opravný součinitel na teplotní rozdíl	$[-]$
f_n	opravný součinitel na úpravu okolí tělesa	$[-]$
f_o	opravný součinitel na připojení tělesa na otopnou soustavu	$[-]$
f_p	opravný součinitel na počet článků tělesa	$[-]$

f_x	opravný součinitel na ochlazení vody	[-]
h	výška	[m]
	entalpie	[kJ/kg _{s.v.}]
k	drsnost potrubí	[-]
l	délka úseku potrubí	[m]
\dot{m}	hmotnostní průtok	[kg/s]
\dot{m}_p	pojistný průtok	[m ³ /h]
\dot{m}_w	toky vodní páry od lidí	[g/h]
n	součinitel zvětšení objemu	[-]
	počet osob	[-]
	teplotní exponent otopného tělesa	[-]
p_b	barometrický tlak	[kPa]
p_{otv}	otevírací přetlak pojistného ventilu	[kPa]
$p_{h,dov,A}$	je nejnižší absolutní dovolený tlak	[kPa]
s	součinitel současnosti odběru	[-]
s_n	tloušťka stěny n-té stavební konstrukce	[m]
w	rychlost proudění	[m/s]
x	měrná vlhkost vzduchu	[g/kg _{s.v.}]

Řecká abeceda:

α_v	výtokový součinitel pojistného ventilu	[-]
γ	azimut stěny	[°]
Δ	rozdíl	
η	stupeň využití expanzní nádoby	[-]
	účinnost	[-]
θ	teplota	[°C]

λ_n	součinitel tepelné vodivosti n-té stěny stavební konstrukce	[W/m·K]
λ	součinitel tření	[-]
μ	dynamická viskozita	[Pa·s]
ξ	součinitel místního odporu	[-]
ρ	hustota	[kg/m ³]
τ	čas	[s]
Φ_i	celková navrhovaná tepelná ztráta	[W]
$\Phi_{T,i}$	tepelná ztráta prostupem tepla	[W]
$\Phi_{V,i}$	tepelná ztráta způsobena větráním	[W]

Indexy:

e	venkovní
i	vnitřní
K	kotel
max	maximální
min	minimální
O	obsluha
R	rozvody
SV	studená voda
TV	teplá voda
w1	vstupní voda
w2	výstupní voda
ZZT	zpětné získávání tepla

1. ÚVOD

Tato diplomová práce se zabývá návrhem vytápění v činžovním domě. Systém vytápění je naprosto nezbytný pro zajištění tepelné pohody pro budovy v našich zeměpisných šířkách.

Historie vytápění objektů sahá do dávné minulosti. Největší progres ovšem zažívá v posledních letech s vývojem technologií. V dnešní době jsou požadavky především na co nejnižší energetickou náročnost systému. Toho lze docílit dvěma způsoby, zlepšením tepelně-technických vlastností budovy nebo zvětšením účinnosti topného systému.

Ještě v nedávných dobách (cca před 30 lety) se vytápění provádělo z důvodu pokrytí tepelné ztráty. V dnešní době se s rozvojem technologií a lepším pochopení problému provádí pro zajištění tepelné pohody osob. To znamená, že je snaha o navržení takového způsobu vytápění, který bude osobám v místnosti nejpříjemnější a zároveň bude pokryta tepelná ztráta. Protože má každý člověk různé biologické pochody, tak není možné zajistit tepelnou pohodu pro všechny osoby. V literatuře se uvádí, že je vždy 5-8 % lidí nespokojených s daným stavem prostředí.

Návrh otopné soustavy probíhá v několika krocích. Určení tepelně-technických vlastností objektu, výpočet tepelné ztráty, navržení otopných ploch, hydraulické výpočty, tlakové vyvážení soustavy, návrh zdroje tepla a návrh pojišťovacího a zabezpečovacího zařízení.

V návrhu otopné soustavy je nutné zohlednit jak investiční tak provozní náklady, proto by měl být systém spolehlivý a měl by mít dobrou životnost.

Dále se práce zabývá ohřevem teplé vody. Návrh probíhá v těchto krocích. Stanovení potřeby tepla, návrh křivky odběru a dodávky teplé vody a na závěr volba zdroje.

Na pohodu prostředí má vliv nejenom vytápění, ale i jiné vlivy jako je například koncentrace škodlivin ve vzduchu. Proto je v této práci řešeno i větrání v daném objektu.

V závěru práce je stanovena roční potřeba paliva a jeho cena za jeden rok, s ohledem na cenu paliva v roce 2017.

Cílem práce je navrhnout otopnou soustavu, způsob ohřevu teplé vody a návrh větrání pro daný činžovní dům. Dále se práce zabývá stanovením výkonů potřebných pro jednotlivé zařízení. Součástí práce je výkresová dokumentace.

1.1. Popis objektu

Jedná se o novostavbu nacházející se v Praze. Je to nechráněná osaměle stojící budova.

Tab. 1 Poloha budovy

Poloha budovy	v krajině	nechráněná
	v zástavbě	osaměle stojící
Venkovní výpočtová oblast		-12 °C
Nadmožská výška		210 m.n.m.
Tlak vzduchu		100 kPa

V domě je suterén, který je zapuštěn 1,5 metrů pod terén, a pět nadzemních pater. V každém patře kromě 5 NP jsou dvě samostatné bytové jednotky. Byt v severní části domu je 2 + KK a v jižní části je byt 4 + KK. V pátém nadzemním patře se nachází nevytápěný půdní prostor. Na stranách domu jsou dvě schodiště vedoucí každé k jednomu bytu v patře.

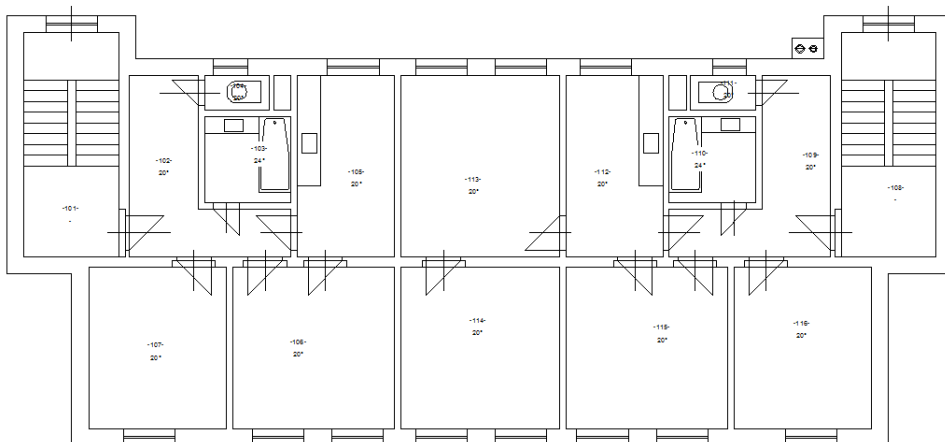
Suterén se dělí na dvě části, které jsou navzájem průchozí. V jedné části se nachází místnost s barem a prostorem pro posezení, WC a sklad. V druhé části je místnost se čtyřmi kulečnickovými stoly a technická místnost. V technické místnosti budou umístěny zdroje tepla pro vytápění a teplou vodu a vzduchotechnická jednotka pro větrání suterénu.

Rozvody otopné vody budou v pobytových prostorech vedeny v podlaze. V suterénu je podhled, kudy povedou rozvody otopné vody pro vyšší patra a vzduchotechnické potrubí.

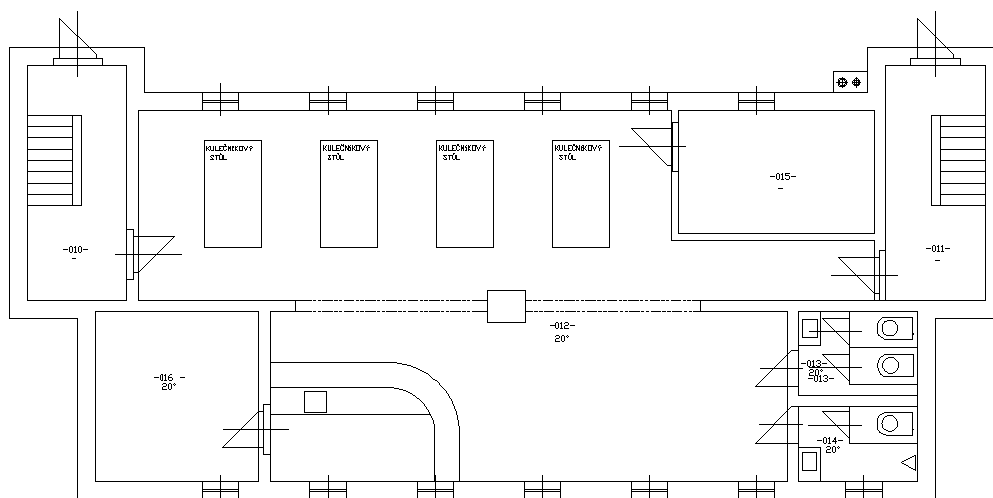
Součástí budovy jsou dva světlíky, každý o půdorysné ploše 0,76 x 0,38 m, které slouží pro vedení inženýrských sítí k jednotlivým bytům.

V bytech jsou všechny místnosti kromě koupelny vytápěny na 20 °C. Koupelny mají návrhovou teplotu 24 °C. V suterénu jsou všechny místnosti kromě technické místnosti vytápěny na 20 °C. Technická místnost není učena pro trvalý pobyt osob, proto je nevytápěná.

Půdorysné rozměry budovy jsou 20,95 x 9,53 metrů. Výška budovy je 17,5 metrů.



Obr. 1 Půdorys patra s bytovými jednotkami



Obr. 2 Půdorys suterénu

1.2. Vytápění

Vytápění můžeme rozdělit podle druhu přenosu tepla na převážně konvektivní vytápění a převážně sálavé vytápění.

- **Převážně konvektivní vytápění**

Konvekce je přenos tepla prouděním. Vzduch v okolí otopné plochy je ohříván, snižuje se hustota a vlivem vztlaku se šíří místností. Patří sem vytápění otopnými tělesy. Konvektivní složka převládá v rozmezí 45-80 %.

- **Převážně sálavé vytápění**

Teplný tok se do místnosti šíří radiací. Předměty v místnosti jsou osáleny a tím pádem předávají teplo do okolního vzduchu. Jedná se o podlahové, stropní a stěnové vytápění. Sálavá složka je v rozmezí 55-80 %.

2. KOSTRUKCE OBJEKTU A TEPELNÉ ZTRÁTY

Tepelná ztráta udává množství tepelné energie, které uniká z místnosti. Pro dimenzování vytápěcích zařízení je znalost tepelné ztráty objektu zcela nezbytná. Výpočet lze řešit dle evropské normy ČSN EN 12 831 platné od 1. 4. 2005. Dříve se tepelné ztráty počítaly také podle české normy ČSN 06 0210, jejíž platnost ovšem vypršela 1. 9. 2008.

Není-li uvedeno jinak, jsou všechny uvedené vztahy související s výpočtem tepelných ztrát převzaty z evropské normy ČSN EN 12 831.

2.1. Prostup tepla stavební konstrukcí

Pro výpočet tepelných ztrát se musí nejprve učit prostupy tepla stavební konstrukcí. Parametr, který popisuje prostup tepla konstrukcí udává, se nazývá součinitel prostupu tepla. Značí se U , jednotky jsou $[W/m^2 \cdot K]$ a pro neprůsvitné části se počítá dle normy ČSN EN ISO 6946

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_{n=1}^m R_n + R_{se}} = \frac{1}{R_{si} + \sum_{n=1}^m \frac{s_n}{\lambda_n} + R_{se}} \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right], \quad (2-1)$$

kde

R_{si} je vnitřní tepelný odpor při přestupu tepla $[m^2 \cdot K/W]$;

R_{se} je vnější tepelný odpor při přestupu tepla $[m^2 \cdot K/W]$;

R_n je tepelný odpor n-té stavební konstrukce $[m^2 \cdot K/W]$;

s_n je tloušťka stěny n-té stavební konstrukce $[m]$;

λ_n je součinitel tepelné vodivosti n-té stěny stavební konstrukce $[W/m \cdot K]$.

Pro výpočet je tedy nutné znát tloušťku a tepelnou vodivost prvků ve stavební konstrukci. Tepelná vodivost udává schopnost materiálu vést teplo a výrobci stavebních konstrukcí ji většinou uvádějí v technických listech. Dále je nutno určit tepelný odpor při přestupu tepla R na vnější a vnitřní straně, který je uveden v normě ČSN EN ISO 6946. Hodnota vnitřního tepelného odporu při přestupu tepla R_{si} se v normě liší podle směru tepelného toku (tepelný tok nahoru, vodorovně a dolů).

Vztah (2-1) ovšem platí pouze pro ideální stavební konstrukci, což znamená, že v něm není zahrnut vliv tepelných mostů. Tepelné mosty jsou části konstrukce, kde je intenzivnější tepelný

tok než v jeho okolí. Vznikají z různých důvodů na různých místech (například při napojení dvou stavebních konstrukcí nebo kvůli překladům ve zdi). Tepelné mosty se určují velice obtížně, výpočet a reálná situace na stavbě se může lišit. Norma ČSN 73 0540-4 (v příloze B.3) uvádí tři možnosti, jak počítat prostup tepla se zahrnutím vlivu tepelných mostů:

- Metoda charakteristického výseku
- Metoda charakteristických tepelných mostů
- Metoda pro přímý výpočet jednoduchými programy.

V této práci jsem zvolil metodu charakteristiky tepelných mostů. Ta spočívá v tom, že se k vypočtenému součiniteli prostupu tepla přičte korekční součinitel $\Delta U_{tbk,j}$, který se určí podle provedení konstrukce.

- konstrukce téměř bez tepelných mostů (úspěšně optimalizované řešení) $\Delta U_{tbk,j} = 0,02 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- konstrukce s mírnými tepelnými mosty (typové či opakované řešení) $\Delta U_{tbk,j} = 0,05 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- konstrukce s běžnými tepelnými mosty (dříve standartní řešení) $\Delta U_{tbk,j} = 0,1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- konstrukce s výraznými tepelnými mosty (zanedbané řešení) $\Delta U_{tbk,j} = 0,15 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

U dané budovy se předpokládá standartní řešení, tzn. $\Delta U_{tbk,j} = 0,1 \text{ (W/m}^2\cdot\text{K)}$.

Výpočet součinitele prostupu tepla podle normy ČSN EN ISO 6946 lze ovšem aplikovat pouze u částí nezapuštěných pod terén. U zapuštěných částí se postupuje dle normy ČSN EN ISO 13 370. Tato norma zohledňuje vedení tepla v přilehlé zemině. Předpokládaná zemina u daného domu je jíla, který má tepelnou vodivost $\lambda_{jil} = 1,5 \text{ (W/m}\cdot\text{K)}$.

U průsvitných konstrukčních částí (oken) lze součinitel prostupu tepla vypočítat podle normy ČSN EN ISO 10 077. Většina výrobců oken však u svých výrobků hodnotu součinitele udává. Proto nejsou v této práci součinitelé prostupu tepla u průsvitných částí počítány, ale jsou převzaty z katalogových listů od výrobců.

2.2. Konstrukce dané budovy

Základem obvodové zdi je cihla Porotherm 44. Technický list je uveden v příloze [P1]. Z vnější i vnitřní strany zdi je nanášena vápenocementová omítka.

Vnitřní nosné zdi jsou postaveny z cihly Porotherm 24 [P2], na kterou je stejně jako u obvodové zdi z obou stran nanášena vápenocementová omítka.

Vnitřní příčky se skládají z Porothermu 11,5 [P3] omítky z obou stran jsou vápenocementové.

Podlahy v místnostech jsou z betonové mazaniny, separační vrstvy, Izolace Isover EPS RigiFloor 4000 [P4], stropní konstrukce Porotherm Strop [P5] a z vápenocementové omítky.

Střecha je konstruována ze střešní krytiny, kontralatí, hydroizolace (asfaltová lepenka IPA), celoplošného bednění (OSB desky), izolací Isover DOMO a ORSIK [P6], parotěsné zábrany a sádrokartonu.

Obvodová zeď zapuštěná do země se skládá z cihel Porotherm 44 [P1], na které je z vnitřní strany nanášena vápenocementová omítka a z vnější strany je extrudovaný polystyrén, geotextilie a hydroizolace.

Podlaha v suterénu je z betonové mazaniny, separační vrstvy, izolace Isover ESP 100 Grey [P6] geotextilie a hydroizolační vrstvy.

Všechna okna v domě jsou od výrobce Vekra. [P7]

Součinitelé tepelné vodivosti a rozměry daných konstrukčních částí jsou uvedeny v příloze V1, kde jsou také spočítány součinitelé prostupu tepla u všech zdí.

Součinitel prostupu tepla u dveří je určen podle zdroje [6]. Tepelné vodivosti omítky a jiných konstrukčních prvků, které neudávají výrobci, jsou stanoveny podle zdroje [7].

2.3. Porovnání tepelně-technických vlastností dle ČSN 73 0540-2

Tato norma mimo jiné udává požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla U . V tabulce č. 2 jsou porovnávány hodnoty z normy s vypočtenými hodnotami pro daný objekt.

Tab. 2 Porovnání součinitele prostupu tepla s normou ČSN 73 0540-2

POPIS KONSTRUKCE	SOUČ. PROSTUPU TEPLA U [W/m ² K]			STĚNA	VYPOČÍTANÉ U [W/m ² K]	
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Doporučené hodnoty pro pasivní domy			
Stěna vnější	lehká	0,3	0,2	Vnější obvodová	0,273	
	těžká		0,25			
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně		2,7	1,8	Vnitřní nosná	1,077	
				Vnitřní příčka	1,384	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně		2,2	1,45	-	Podlaha místnosti	0,854
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45 °C včetně		0,24	0,16	0,15 až 0,1	Střecha	0,131
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině		0,85	0,6	0,45 až 0,3	Zapuštěná stěna	0,160
				Podlaha suterénu	0,160	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí		1,5	1,2	0,8 až 0,6	Okno	1,300
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru		3,5	2,3	1,7	Dveře	3

Tabulka č. 2 potvrzuje, že je splněna podmínka, že $U_{Normy} > U_{Vypočítané/udané\ výrobem}$.

2.4. Výpočet tepelných ztrát

Při výpočtu tepelných ztrát se musí nejprve určit venkovní výpočtová teplota, výpočtová teplota vytápěných místností a průměrná teplota vzduchu v otopném období. Pro Prahu je venkovní výpočtová teplota rovna -12 °C a průměrná teplota v otopné období je 4,3 °C. [9] Vnitřní výpočtové teploty jsou převzaty z normy ČSN EN 12 831. Dále je nutné určit teploty nevytápěných místností sousedících s vytápěnými. Ty jsou převzaty z normy ČSN 06 0210, protože nová evropská norma teploty v sousedních nevytápěných místnostech nespecifikuje.

Celková navrhovaná tepelná ztráta je dána vztahem

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad [W], \quad (2-2)$$

kde:

$\Phi_{T,i}$ je tepelná ztráta prostupem tepla [W];

$\Phi_{V,i}$ je tepelná ztráta způsobena větráním [W].

Tepelná ztráta prostupem tepla se spočítá

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [W], \quad (2-3)$$

kde:

$H_{T,ie}$ je součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného do venkovního prostředí [W/K];

$H_{T,iue}$ je součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného do venkovního prostoru nevytápěným prostorem [W/K];

$H_{T,ig}$ je součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do zeminy [W/K];

$H_{T,ij}$ je součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu [W/K];

$\theta_{int,i}$ je vnitřní výpočtová teplota [°C];

θ_e je venkovní výpočtový teplota [°C].

Tepelná ztráta větráním je dána

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [W], \quad (2-10)$$

kde:

$H_{V,i}$ je součinitel navrhované tepelné ztráty větráním [W/K].

Intenzita větrání je dána normou ČSN EN 15 665. V kuchyni, koupelně a na WC je intenzita $I = 1$ 1/h a v ostatních místnostech je intenzita větrání $I = 0,5$ 1/h. V místnostech, kde větrání zajišťuje vzduchotechnika, se intenzita počítá z reálných hodnot přiváděného vzduchu a objemu místnosti.

Výpočet tepelných ztrát ve všech vytápěných místnostech je uveden v příloze V2. V tabulce 3 je příklad výpočtu tepelné ztráty pro jednu místnost. Výsledky celkové navrhované ztráty u místností jsou zaokrouhlovány nahoru na 5 W.

Tab. 3 Ukázka výpočtu tepelné ztráty pro danou místnost

místnost 106 - pokoj																					
Zed'	Část	Tloušťka	Délka	Výška, šířka	Otvory	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Souč. prostupu tepla s korekcí	Teplotní redukční činitel		Souč. tepelné ztráty prostupem					Rozdíl teplot mezi prostory	Intenzita větrání	Objem místnosti	Tepelná ztráta		
									$b_u[-]$	$f_{ij}[-]$	$H_{T,ie}$ [W/K]	$H_{T,iue}$ [W/K]	$H_{T,ij}$ [W/K]	$H_{T,g}$ [W/K]	ΣH_T [W/K]				$\Delta\theta[^\circ C]$	$I[h^{-1}]$	$V[m^3]$
		$s [m]$	$l [m]$	$h [m]$	-	$S [m^2]$	$S [m^2]$	U_{kc} [W/m ² K]													
VO	stěna	0,46	3,9	3,3	2	3,6	9,3	0,37			3,46				8,14	32,0	0,5	42,2	260	227	490
	okno	-	1,2	1,5	0	0	1,8	1,30			2,34										
	okno	-	1,2	1,5	0	0	1,8	1,30			2,34										
VN	stěna	0,26	3,75	3	2	3,2	8,1	1,18													
	dveře	-	0,8	2	0	0	1,6	3													
	dveře	-	0,8	2	0	0	1,6	3													
VP	stěna	0,135	3,75	3	0	0	11,3	1,484													
	stěna	0,135	3,75	3	0	0	11,3	1,484													
PM	podlaha	0,3	3,75	3,75	0	0	14,1	0,954													
	strop	0,65	3,75	3,75	0	0	14,1	0,954													
									ΣH_T		8,14	0,00	0,00	0,00							

3. OTOPNÁ SOUSTAVA

Vzhledem k velikosti a účelu budovy jsem zvolil vodní otopnou soustavu. Vytápění je zajištěno kondenzačním plynovým kotlem, který bude ohřívat otopnou vodu a vodu pro ohřivač vzduchotechnické jednotky. Jako odběrná místa v místnostech jsou navržena otopná tělesa. Jelikož se jedná o novostavbu z moderních materiálů, které mají dobré tepelně-technické vlastnosti, tak zde není použita kombinace vytápění otopnými tělesy s podlahovým vytápěním. Taková kombinace by zvětšila investiční náklady.

Teplou užitkovou vodu budou ohřívat přímo ohříváné zásobníky teplé vody.

V suterénu, v místnosti 012, je z důvodu většího výskytu osob (a tím pádem většího znečištění vzduchu) zavedeno nucené větrání. Otopná soustava v této místnosti pokrývá pouze tepelnou ztrátu prostupem. Tepelnou ztrátu větráním bude pokrývat vzduchotechnická jednotka.

3.1. Potrubní rozvody

Potrubní rozvody slouží k dopravě otopné vody k odběrným místům.

3.1.1. Dělení otopných soustav

Otopné soustavy se dělí dle:

- oběhu vody – přirozený a nucený
- provedení hlavního rozvodu – soustavy se spodním, horním nebo horním kombinovaným rozvodem
- rozvodu k jednotlivým tělesům – horizontální, vertikální
- způsobu přívodu a odvodu otopné vody – jedno trubkové a dvoutrubkové
- spojení s atmosférou – otevřené, uzavřené
- teploty teplosnosné látky – nízkoteplotní, teplovodní a horkovodní

Jedno trubkové soustavy se dále dělí na soustavy s nebo bez obtoku těles. Dvoutrubkové soustavy se dělí na souprouté a protiprouté.

U daného objektu jsem zvolil soustavu s nuceným oběhem vody, se spodním rozvodem, s horizontálním rozvodem, dvoutrubkovou protiproutou, uzavřenou, nízkoteplotní.

3.1.2. Rozvody otopné vody v daném objektu

Rozvody jsou vedeny ze suterénu z technické místnosti, kde je kondenzační kotel. Za kotlem bude umístěn termohydraulický rozdělovač (dále THR) fy. Celeffi typ 548, který má za úkol vyrovnávat celkový tlak a tím zajistit hydraulickou stabilitu otopné soustavy. Za THR je umístěn sdružený rozdělovač (dále SDR) HV 70/125 fy. Regulus, který rozděluje otopnou vodu do tří topných okruhů. Na topném okruhu vedoucím k bytovým jednotkám je umístěn ještě jeden SDR téhož typu, který dělí otopnou vodu na další dva topné okruhy. Jelikož se na daný SDR mohou napojit až čtyři topné okruhy, tak budou zbývající přípojovací otvory v SDR zaslepeny.

Okruh, který vede na stoupací potrubí 01, rozvádí otopnou vodu do bytů 2 + KK a je veden podhledem v suterénu do světlíku v severní části domu, kde se pak potrubí v každém patře odpojuje do bytů. Okruh, který vede k stoupacímu potrubí 02 je veden do bytů v jižní části druhým světlíkem, který je umístěn přímo nad technickou místností. Topný okruh vedoucí z SDR do podlahy dopravuje otopnou vodu k otopným tělesům v suterénu. Poslední okruh je veden do ohřívače vzduchotechnické jednoty.

V bytech v 1. až 3. NP je ve světlíku na vratném potrubí umístěn měřič tepla a vyvažovací ventil ve výšce 1,5 m nad podlahou. Na přívodním potrubí je ve stejné výšce umístěn kulový kohout. Potrubí je poté vedeno k otopným tělesům v podlaze. Ve 4. NP je na zpátečce místo vyvažovacího ventilu vypouštěcí kohout. Světlík je v každém bytě opatřen otvorem s dvířky (umístěným na WC), aby byla možná kontrola měřiče tepla nebo uzavření ventilů.

Potrubní rozvody jsou z plastových MLC trubek, které budou opatřeny tepelnou izolací tloušťky 9 mm. Plastové trubky jsou zvoleny z důvodu úspory investičních nákladů. Oproti měděným či ocelovým trubkám jsou plastové MLC trubky výrazně levnější. Nevýhodou těchto trubek je ovšem tepelná dilatace. Proto je v této práci předepsáno osazení každého úseku delší než 4 metry kompenzátory typu L nebo U.

3.2. Otopná tělesa

Otopná tělesa slouží jako distribuční prvek ve vytápěné místnosti, což znamená, že dodávají do vytápěné místnosti teplo a zajišťují tepelnou pohodu. Jedná se o převážně konvektivní způsob vytápění.

3.2.1. Dělení otopných těles:

- Článeková otopná tělesa

Jak již napovídá název, tato tělesa se skládají z jednotlivých článků. Jednotlivé články jsou spojeny závitovými vsuvkami. Nejčastější materiály jsou šedá litina a slitiny hliníku. Pokud je těleso z litiny, tak je jeho hlavní výhodou dlouhá životnost. Pro některé architektury ovšem může být nevýhodou vzhled tělesa.

- Desková otopná tělesa

Jedná se o nejpoužívanější tělesa. Jsou to desky z prolisovaného plechu. Princip je takový, že otopná voda vteče do horní rozvodné komory, odkud je vedena do kanálků, ve kterých voda předává teplo do okolí. Poté je odvedena do dolní sběrné komory. Desková tělesa se dělí podle počtu desek, ve kterých jsou kanálky. Můžou být buď jednoduchá (s jednou deskou), zdvojená nebo ztrojená. Také je můžeme dělit na tělesa s nebo bez rozšířené přestupní plochy.

Další dělení je podle způsobu připojení. Existují klasická nebo spodní, levá, pravá či středová připojení.

- Trubková otopná tělesa

U těchto těles je rozvodná a sběrná komora spojena řadou trubek. Trubky mohou mít kruhový nebo obdélníkového průřez. Uzpůsobení trubek je buďto formou meandru nebo registru. Tato tělesa jsou nevíce používána v koupelnách nebo jako dodatková otopná plocha v místnostech.

- Konvektory

Konvektory se skládají z výměníku tepla a skříně s výdechovou mřížkou. Konvektory jsou děleny podle toho, kde je umístěn výměník. Dělí se na skříňové, skokové a zapuštěné konvektory.

Odběr tepla v soustavě u daného objektu bude ve všech vytápěných místnostech zajištěn deskovými otopnými tělesy firmy Korado typ Ventil kompakt. Vzhledem k tomu, že jsou rozvody vedeny v podlaze, tak je voleno pravé či levé spodní připojení (zda je připojení pravé či

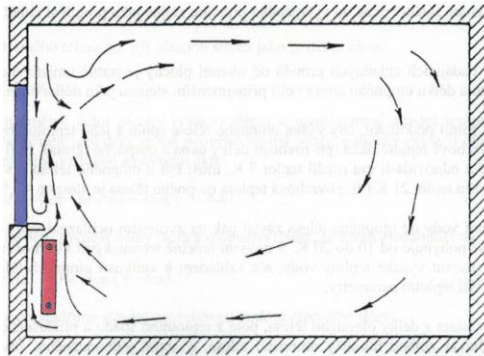
levé je zvoleno s ohledem na co nejkratší délku rozvodů). Všechna tělesa mají výšku 500 mm a délka je volena s ohledem na šířku okna, aby byl omezen vliv padajících chladných proudů

Protože místnosti s WC v bytech mají malé rozměry, tak zde není instalováno otopné těleso. Tepelnou ztrátu místností budou hradit otopná tělesa umístěná v sousedních místnostech (v koupelně a v předsíni).

3.2.2. Umístění otopných těles

Aby bylo zajištěno správné proudění v místnosti, tak by tělesa měla být umístěna vždy pod okno. Teplé proudy (od otopných těles) a chladné proudy (od ochlazované plochy tj. okno) se mísí, čímž je zajištěno správné rozprostření proudů smíchaného vzduchu tak, aby byla zajištěna tepelná pohoda. Na obr. 3 lze vidět schéma proudění vzduchu uzavřeným vytápěným prostorem při umístění tělesa pod ochlazovanou plochu.

Ve vytápěných místnostech s více okny by ideálně měla být tělesa umístěna pod všechna okna.



Obr. 3 Proudění vzduchu v uzavřeném prostoru, vytápěném otopným tělesem [2]

Protože suterén je z větší části zapuštěn pod terén a okna se nachází moc vysoko, tak tělesa v těchto prostorech nejsou umístěna pod oknem. V suterénu je ovšem zavedeno nucené větrání, pomocí kterého je proudění vzduchu usměrněno tak, aby byla zajištěna tepelná pohoda.

3.3. Výpočet tepelného výkonu otopných těles

Pokud je známa tepelná ztráta místností, lze vypočítat tepelný výkon otopného tělesa, který bude dostačující pro zajištění tepelné pohody v místnosti. Tepelný výkon vychází ze vzorce

$$Q_N = \dot{m} \cdot c \cdot (\theta_{w1} - \theta_{w2}) [W], \quad (3-1)$$

kde

\dot{m} je hmotnostní průtok [kg/s];

c je měrná tepelná kapacita [J/kg·K];

θ_{w1} je teplota vody na přívodu do tělesa [°C];

θ_{w2} je teplota vody na odvodu z tělesa [°C].

Tepelný výkon ve vztahu (3-1) je pouze jmenovitý, ve skutečnosti se musí započítat omezující vlivy na tepelný výkon otopného tělesa

$$Q_{sk} = Q_N \cdot f_{\Delta t} \cdot f_{\delta t} \cdot f_x \cdot f_o \cdot f_n \cdot f_p \text{ [W]}, \quad (3-2)$$

kde:

$f_{\Delta t}$ je opravný součinitel na teplotní rozdíl [-];

$f_{\delta t}$ je opravný součinitel na ochlazení vody [-];

f_x je opravný součinitel na připojení tělesa na otopnou soustavu [-];

f_o je opravný součinitel na úpravu okolí tělesa [-];

f_n je opravný součinitel na počet článků tělesa [-];

f_p je opravný součinitel na umístění tělesa ve vytápěném prostoru [-].

Protože výrobce neví, při jakých teplotních podmínkách bude těleso používáno, tak výkon, který u tělesa udává, je za provozu při jmenovitých teplotních podmínkách. Jmenovité podmínky jsou 75/65/20 °C. (značení: teplota přívodní vody do tělesa/ teplota vratné vody z tělesa/ teplota vzduchu). Pro zjištění výkonu tělesa při jiném teplotním spádu či při jiné teplotě místnosti se proto těleso musí přepočítat.

V daném objektu jsem pro koupelny zvolil teplotní podmínky 60/45/24 °C a pro ostatní místnosti 60/45/20 °C.

Přepočet se provádí pomocí teplotního podílového součinitele

$$c = \frac{\theta_{w2} - \theta_i}{\theta_{w1} - \theta_i} \text{ [-]}, \quad (3-3)$$

kde:

θ_i je teplota místnosti [°C]

Pokud vyjde teplotní podílový součinitel větší nebo roven 0,7, tak platí vzorec

$$\Delta\theta = \frac{\theta_{w1} + \theta_{w2}}{2} - t_i \quad [-], \quad (3-4)$$

pokud je $c < 0,7$, tak platí

$$\Delta\theta_{ln} = \frac{\theta_{w1} - \theta_{w2}}{\ln \frac{\theta_{w1} - \theta_i}{\theta_{w2} - \theta_i}} \quad [-]. \quad (3-5)$$

Opravný součinitel na teplotní rozdíl je pak dán

$$f_{\Delta\theta} = \left(\frac{(\Delta\theta)_{sk}}{(\Delta\theta)_N} \right)^n \quad [-], \quad (3-6)$$

kde

n je teplotní exponent, který udává výrobce tělesa. Katalogový list zvolených otopných těles je uveden v příloze [P8].

Tímto způsobem byla navržena všechna tělesa v objektu. Výsledky jsou uvedeny v příloze V3.V tabulce 4 je uveden příklad výsledů pro 1NP.

Tab. 4 Výkony otopných těles v I. NP

Místnost	Tepelná ztráta místnosti	Teplota místnosti	Tep. podílový součinitel	Aritmeticky/logaritmicky určený rozdíl teplot u skutečných teplot	Aritmeticky/logaritmicky určený rozdíl teplot u normovaných teplot	Opravný součinitel na teplotní rozdíl	Potřebný výkon OT	Těleso	Počet	Typ	Výška	Délka	Hloubka	Skut. výkon OT	
	Q	θ_i	C	$\Delta\theta; \Delta\theta_{in}$	$\Delta\theta; \Delta t\theta$	$f_{\Delta\theta}$	Q				h	l	s	Q_{skut}	
	[W]	[°C]	[-]	[°C]	[°C]	[-]	[W]				[mm]	[mm]	[mm]	[W]	
STOUPACÍ POTRUBÍ 01															
I.N.P.	102	550	20	0,625	31,91	49,83	0,558	990	RADIK 11 VKL	1	deskové	500	1200	63	1030
	103	475	24	0,583	27,83	49,83	0,466	1020	RADIK 11 VK	1	deskové	500	1200	63	1030
	105	420	20	0,625	31,91	49,83	0,558	755	RADIK 11 VKL	1	deskové	500	900	63	772
	106	490	20	0,625	31,91	49,83	0,558	880	RADIK 10 VK	2	deskové	500	900	47	463
	107	540	20	0,625	31,91	49,83	0,558	970	RADIK 11 VKL	1	deskové	500	1200	63	1030
STOUPACÍ POTRUBÍ 02															
	109	550	20	0,625	31,91	49,83	0,558	990	RADIK 11 VK	1	deskové	500	1200	63	1030
	110	475	24	0,583	27,83	49,83	0,466	1020	RADIK 11 VKL	1	deskové	500	1200	63	1030
	112	420	20	0,625	31,91	49,83	0,558	755	RADIK 11 VK	1	deskové	500	900	63	772
	113	510	20	0,625	31,91	49,83	0,558	915	RADIK 10 VK	2	deskové	500	900	47	463
	114	485	20	0,625	31,91	49,83	0,558	870	RADIK 10 VK(L)	2	deskové	500	900	47	463
	115	490	20	0,625	31,91	49,83	0,558	880	RADIK 10 VK	2	deskové	500	900	47	463
	116	540	20	0,625	31,91	49,83	0,558	970	RADIK 11 VK	1	deskové	500	1200	63	1030

4. HYDRAULICKÉ VÝPOČTY

Hydraulickými výpočty se rozumí výpočet tlakových ztrát v potrubní síti. Tlakové ztráty vznikají ze dvou důvodů. Prvním z nich je třením v potrubí a druhým jsou ztráty místními odpory. Vzorec pro výpočet má tedy tvar

$$\Delta p = \Delta p_{\lambda} + \Delta p_{\xi} \quad [Pa], \quad (4-1)$$

kde

Δp_{λ} je tlaková ztráta vniklá třením [Pa];

Δp_{ξ} je tlaková ztráta vniklá místními odpory [Pa].

4.1. Třecí tlakové ztráty

Třecí tlakové ztráty jsou dány

$$\Delta p_{\lambda} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \quad [Pa], \quad (4-2)$$

kde

λ je součinitel tření [-];

l je délka úseku potrubí [m];

d je průměr potrubí [m];

w je rychlost proudění [m/s];

ρ je hustota [kg/m³].

Výpočet součinitele tření je závislý na typu proudění. Pro laminární proudění platí, že

$$\lambda = \frac{A}{Re} \quad [-], \quad (4-3)$$

kde

A závisí na tvaru rychlostního profilu. Například pro trubku kruhového průřezu je $A = 64$.

Re je Reynoldsovo číslo, které je definováno jako poměr třecích a setrvačných sil

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad [-], \quad (4-4)$$

kde

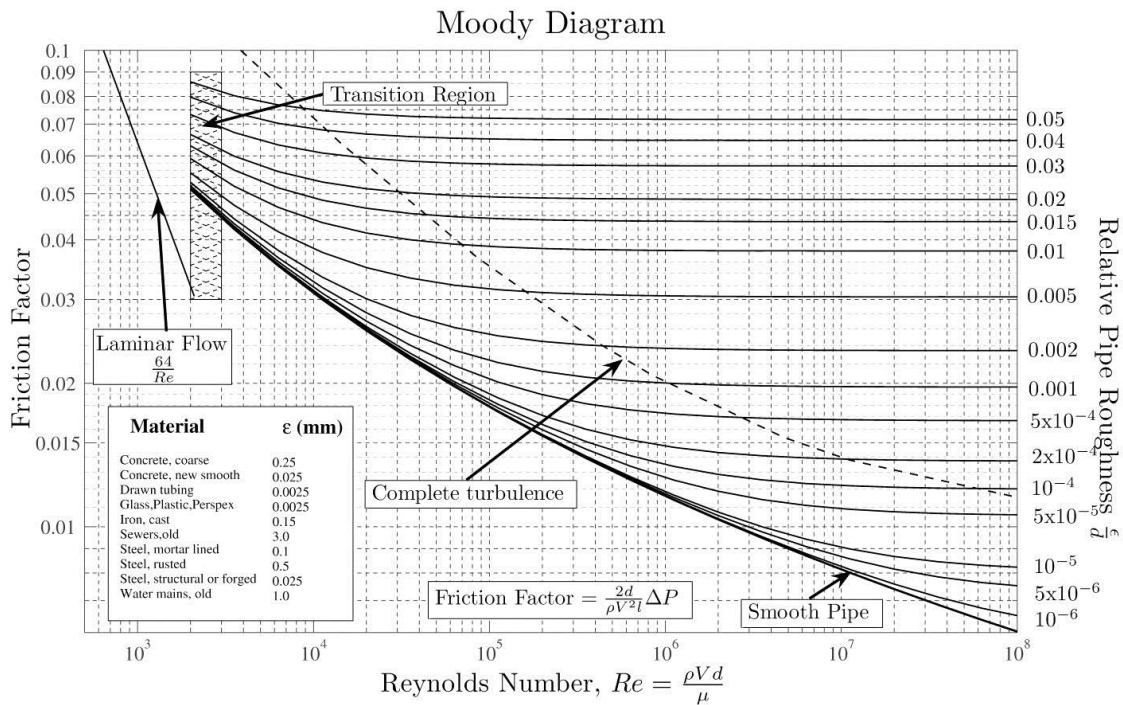
μ je dynamická viskozita [Pa·s].

Pro turbulentní proudění je součinitel tření funkcí Reynoldsova čísla a drsnosti potrubí. Pro výpočet existuje několik vzorců, které byly zjištěny experimentálně. V této práci je výpočet proveden podle vzorce odvozeného Manadilliem (1997) [10]

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left(\frac{k}{3,7 \cdot d} + \frac{95}{Re^{0,983}} - \frac{96,82}{Re} \right) = [-]. \quad (4-5)$$

Z tohoto vztahu lze vyjádřit součinitel tření a dosadit do vzorce (4-2). Koeficient relativní drsnosti k , udává výrobce. V tomto případě je $k = 0,0004$. [P23]

V přechodové oblasti (tzn. oblast proudění, kde turbulentní proudění není plně vyvinuto) je součinitel tření taktéž funkcí drsnosti a Reynoldsova čísla. Popis závislosti součinitele tření na drsnosti trubky a Reynoldsově čísla udává Moodyho diagram.



Obr. 4 Moodyho diagram [17]

4.2. Ztráty místními odpory

Tlakové ztráty místními odpory jsou takové ztráty, které vznikají při víření tekutiny vlivem změny průřezu potrubí nebo při změně směru proudění

$$\Delta p_{\xi} = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = [Pa], \quad (4-6)$$

kde

ξ je součinitel místního odporu [-]. Tento součinitel je většinou možné zjistit pouze experimentálně. V této práci jsou tyto součinitelé převzaty od výrobců potrubních komponent.

[P23]

4.3. Návrh průměrů potrubí

Návrh potrubí v otopné soustavě se dá realizovat těmito výpočtovými metodami:

- Metoda předběžné měrné tlakové ztráty
- Metoda přímé volby dopravního talku čerpadla
- Metoda ekonomických rychlostí
- Metoda ekonomické měrné tlakové ztráty

V této práci jsem volil metodu ekonomických rychlostí, která udává doporučenou optimální rychlost vody v potrubí. Pro soustavy s nuceným oběhem je návrhová rychlost v rozmezí 0,2 až 1 m/s. Ekonomická rychlost je $w = 0,6$ m/s.

Výpočet tedy probíhá tak, že se zvolí rychlost v potrubí 0,6 m/s následně je ze vzorce pro průtok tekutiny kruhovým potrubím (4-7) vypočten průměr. Podle výsledku je pak navržen nejbližší vyráběný průměr potrubí. Poté se dosadí vyráběný průměr zpět do vzorce pro průtok vody a vyjádří se skutečná rychlost v potrubí. Hmotnostní průtok na vstupu k jednotlivým tělesům je znám ze vzorce (3-1).

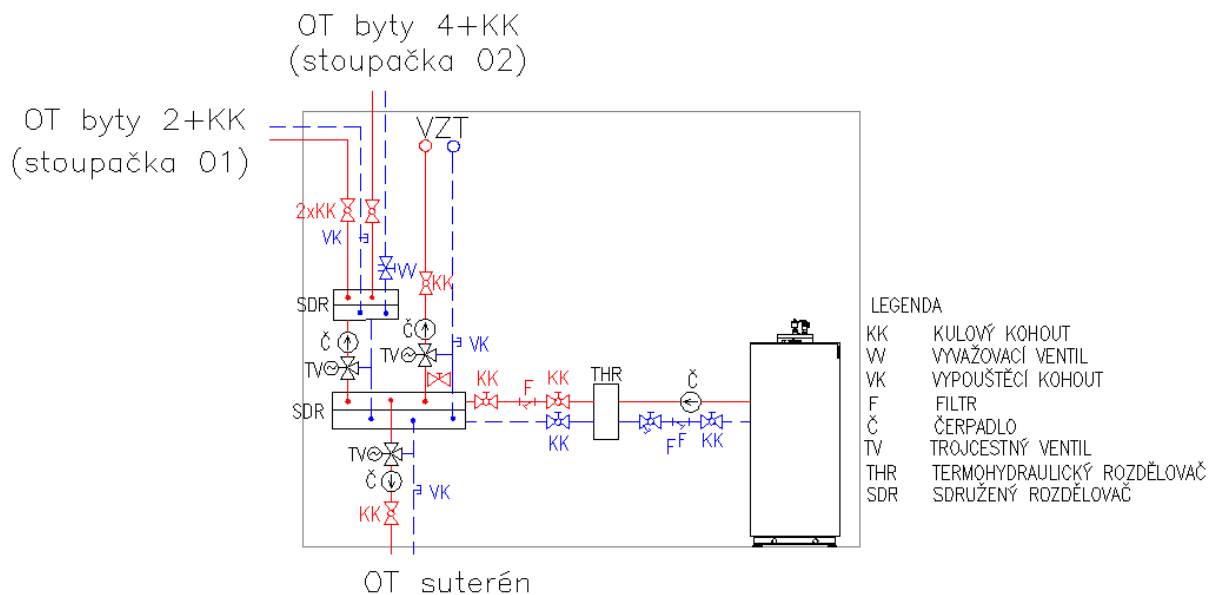
$$\dot{m} = \rho \cdot \dot{V} = \rho \cdot w \cdot S = \rho \cdot w \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{\dot{m} \cdot 4}{\rho \cdot w \cdot \pi}} [m]. \quad (4-7)$$

Výsledky tlakových ztrát jednotlivých úseků potrubní sítě jsou uvedeny v příloze V4.

5. VYVÁŽENÍ OTOPNÉ SOUSTAVY

Aby byl zajištěn správný chod soustavy a otopná voda dotekla až k hydraulicky nejvzdálenějším tělesům (tj. těleso s největší tlakovou ztrátou na okruhu), musí být soustava zaregulována tak, aby měla každá paralelní větev stejnou tlakovou ztrátu při požadovaném průtoku, což znamená, že soustava bude tlakově vyvážená. Toho je možné dosáhnout několika způsoby. Buďto může mít každý okruh své vlastní oběhové čerpadlo nebo se okruhy škrťí vyvažovacími ventily na stejnou tlakovou ztrátu.

Pro tento objekt byla zvolena kombinace těchto dvou systémů. Topné okruhy vedoucí k otopným tělesům v suterénu a k ohřivači VZT jednotky mají vlastní oběhové čerpadlo. Okruhy vedoucí na stoupačí potrubí k bytům mají společné oběhové čerpadlo. Za čerpadlem se potrubí větví ve sdruženém rozdělovači a na stoupačím potrubí 02 je umístěn vyvažovací ventil.



Obr. 5 Schéma připojení kotle na jednotlivé okruhy

Aby se zajistila stejná tlaková ztráta v rozvedech vedoucích k bytům, musí být vyvažovací ventily umístěny ještě na každé odbočce do bytového okruhu. Regulace je provedena tak, aby odchylka průtoků mezi jednotlivými okruhy byla maximálně 15 %.

Bytové okruhy se regulují pomocí termostatického regulačního ventilu a regulačního šroubení. Regulační šroubení zároveň slouží jako propojovací prvek otopných těles a rozvodů otopné soustavy.

5.1. Vyvážení bytových okruhů

Bytovými okruhy se v této práci rozumí rozvody otopné soustavy, které jsou umístěny v jednotlivých bytech (nepočítají se rozvody k bytům). Jak již bylo zmíněno, bytové okruhy se regulují škrcením na termostatickém regulačním ventilu (dále TRV) a regulačním šroubením (dále RŠ). Z hydraulických výpočtů je známo hydraulicky nejvzdálenější těleso na okruhu, tj. hlavní větev. Ostatní tělesa se tedy musí regulovat na přibližně stejnou tlakovou ztrátu. Na hydraulicky nejvzdálenějším tělese je TRV i RŠ plně otevřené.

Vyvážení okruhu je výhodnější pomocí regulačního šroubení, které způsobí pouze místní odpor. TRV má za úkol udržovat teplotu v místnosti v optimální výši. Pokud je tedy místnost přetápěna, začne se TRV uzavírat v rámci svého pásma proporcionality. Těleso je tedy výhodnější zaregulovat na regulačním šroubením, neboť přednastavením nesnižujeme pásmo proporcionality. Termostatickým ventilem by se při správném návrhu měla soustava jen doregulovávat. Termostatický ventil by nikdy neměl být nastaven na hodnotu 1, tzn. skoro uzavřený ventil.

5.1.1. Termostatický regulační ventil

TRV se skládá z ventilové části a regulační hlavice. Princip TRV je takový, že se kapalina v teplotním čidle v závislosti na teplotě okolního vzduchu roztahuje nebo smršťuje, čímž působí na vlnovec, který se buď zvedá nebo klesá. Pokud se například teplota okolního vzduchu zvýší, kapalina se roztáhne, začne působit na vlnovec a ten přenáší pohyb na kuželku regulačního ventilu, která začne ventil uzavírat. Na obr. 7 je uvedeno schéma TRV.

Nastavení TRV se provádí tak, že je na ventilu nastaven vypočtený stupeň přednastavení. Tento stupeň se zjistí pomocí k_v hodnoty, která udává jmenovitý průtok plně otevřenou armaturou při tlakové ztrátě 100 kPa a vypočte se

$$k_v = \dot{V} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_N}{\Delta p_{vs}}} \left[\frac{m^3}{h} \right], \quad (5-1)$$

kde

\dot{V} je objemový průtok [m^3/h];

Δp_N je tlaková ztráta 100 kPa;

Δp_{vs} je tlaková ztráta armatury [kPa].

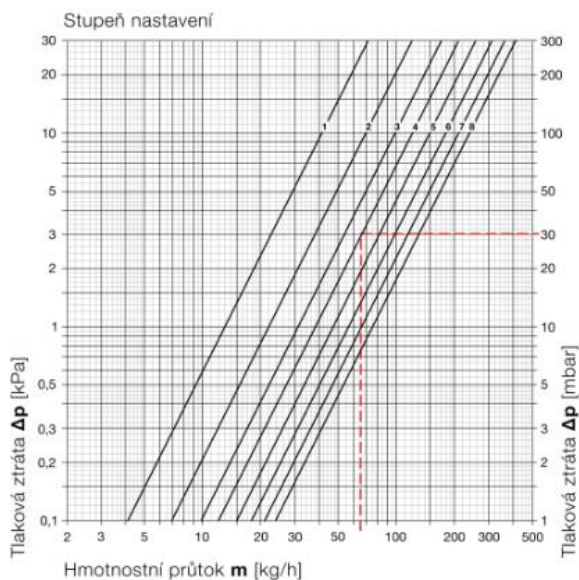
V tabulce, kterou uvádí výrobce, pak lze najít stupeň nastavení ventilu. Na obr. 6 lze vidět závislost mezi k_v hodnotu a stupněm přednastavení u vybraných otopných těles.

Otopná tělesa v provedení VENTIL KOMPAKT bez přípojvacích armatur	Stupeň nastavení ventilu								Nejvyšší přípustná prov. teplota [°C]	Nejvyšší přípustný prov. přetlak [MPa]	
	1	2	3	4	5	6	7	8			
Ventil s možností nastavení v osmi stupních a termostatickou hlavici	k_v [m ³ /h]	0,13	0,22	0,31	0,38	0,47	0,57	0,66	0,75	110	1,0
	k_{vs} [m ³ /h]	0,16	0,27	0,38	0,43	0,65	0,98	1,23	1,43		
	Uvedené hodnoty k_v odpovídající pásmu proporcionality 2 K										

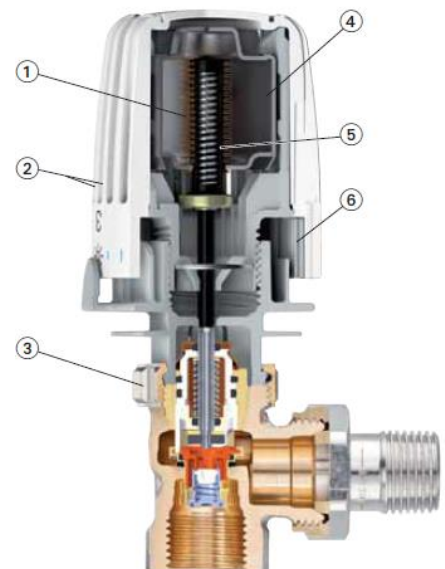
Obr. 6 Stupeň přednastavení termostatického ventilu [13]

Z tabulky na obr. 6 je tedy známa k_v hodnota a ze vzorce (5-1) je možnost vyjádřit tlakovou ztrátu termostatického ventilu při určitém stupni nastavení.

Stupeň nastavení lze také odečítat z návrhových monogramů, které udávají výrobci. Na obr. 8 je takový diagram uveden. Jedná se o závislost tlakové ztráty na hmotnostním průtoku při určitém nastavení ventilu. Technický list TRV je uveden v příloze [P24]



Obr. 8 Návrhový monogram TRV [13]



Obr. 7 Schéma TRV [P24]

5.1.2. Regulační šroubení

Nastavení RŠ probíhá při instalaci otopného tělesa na potrubní síť a provádí se podle vypočtených otáček z uzavřené polohy. Existují rohové, přímé nebo H regulační šroubení. V daném objektu budou instalována H šroubení Vekotrim CS low od firmy IMI Hydronic.

Výpočet probíhá podobě jako u TRV. Výrobce uvádí tabulku s k_v hodnotami při určitém nastavení ventilové vložky. Další možností, jak zjistit tlakovou ztrátu šroubení, je opět návrhový monogram. Technický list použitého RŠ je uveden v příloze [P9]

Veškeré výpočty a výsledky hydraulického vyvážení bytových okruhů lze nalézt v příloze V5. V tabulce 5 jsou pro příklad uvedeny výsledky pro 1 NP.

Tab. 5 Nastavení RŠ a TRV v INP

Patro	Okruh	Těleso	$\Delta p_{\text{přívod}}$ [Pa]	Δp_{odvod} [Pa]	Δp_{potr} [Pa]	m [Kg/h]	Typ tělesa	$\Delta p_{\text{TRV,OT}}$ [kPa]	TRV stupeň	TRV k_v [m ³ /h]	$\Delta p_{\text{RŠ}}$ [kPa]	RŠ stupeň	RŠ k_v [m ³ /h]	RŠ k_{vskut} [m ³ /h]	$\Delta p_{\text{RŠskut}}$ [kPa]	Δp_o [kPa]	doškrtit [kPa]	Δp_{celk} [kPa]
1NP	O1	OT 1-1	2563	2291	4854	59,0	RADIK 11 VKL	2,50	4	0,38	3,23	3	0,332	0,310	3,70	7,35	3,23	11,05
1NP	O1	OT 1-2	2500	2234	4734	59,0	RADIK 11 VK	2,50	4	0,38	3,35	3	0,328	0,310	3,70	7,23	3,35	10,93
1NP	O1	OT 1-3	3075	2911	5986	44,3	RADIK 11 VKL	0,92	5	0,47	3,68	2	0,235	0,220	4,13	6,90	3,68	11,03
1NP	O1	OT 1-4.1	4757	4708	9465	26,5	RADIK 10 VK	0,13	8	0,75	0,99	2	0,272	0,220	1,48	9,59	0,99	11,08
1NP	O1	OT 1-4.2	4768	4696	9465	26,5	RADIK 10 VK	0,13	8	0,75	0,99	2	0,272	0,220	1,48	9,59	0,99	11,08
1NP	O1	OT 1-5	5079	4859	9939	59,0	RADIK 11 VKL	0,64	8	0,75		8		0,690	0,75	10,58	0,00	11,33
1NP	O2	OT 1-6	4200	3893	8093	59,0	RADIK 11 VK	1,11	6	0,57	7,03	2	0,227	0,220	7,35	9,20	7,03	16,55
1NP	O2	OT 1-7	4136	3829	7965	59,0	RADIK 11 VKL	1,63	5	0,47	6,63	2	0,233	0,220	7,35	9,60	6,63	16,95
1NP	O2	OT 1-8	4534	4316	8851	44,3	RADIK 11 VK	2,11	3	0,31	5,27	2	0,196	0,220	4,13	10,96	5,27	15,09
1NP	O2	OT 1-9.1	4586	4443	9029	26,5	RADIK 10 VK	1,51	2	0,22	5,69	1	0,113	0,130	4,25	10,53	5,69	14,79
1NP	O2	OT 1-9.2	4617	4475	9092	26,5	RADIK 10 VK	1,51	2	0,22	5,63	1	0,114	0,130	4,25	10,60	5,63	14,85
1NP	O2	OT 1-10.1	7743	7622	15364	26,5	RADIK 10 VKL	0,50	4	0,38	0,36	3	0,450	0,310	0,75	15,87	0,36	16,62
1NP	O2	OT 1-10.2	7724	7602	15326	26,5	RADIK 10 VK	0,50	4	0,38	0,40	3	0,428	0,310	0,75	15,83	0,40	16,58
1NP	O2	OT 1-11.1	7598	7475	15073	26,5	RADIK 10 VK	0,22	6	0,57	0,93	2	0,280	0,220	1,48	15,30	0,93	16,78
1NP	O2	OT 1-11.2	7561	7436	14997	26,5	RADIK 10 VK	0,33	5	0,47	0,90	2	0,284	0,220	1,48	15,33	0,90	16,81
1NP	O2	OT 1-12	7935	7652	15587	59,0	RADIK 11 VK	0,64	8	0,75		8		0,690	0,75	16,23	0,00	16,98

5.2. Nastavení vyvažovacích ventilů

Tato podkapitola se zabývá hydraulickým vyvážením rozvodů otopné soustavy na okruzích vedoucí do bytových jednotek.

Přestože mají místnosti v jednotlivých patrech stejný půdorys, tak mají z důvodu přestupu tepla do nevytápěných místností různou tepelnou ztrátu. Z toho plyne, že mají jednotlivé bytové okruhy odlišné požadavky na průtoky, tj. i tlakové ztráty v rozvodech. Největší tlakové ztráty jsou v 4 NP, proto se bytové okruhy v jiných patrech musí škrtit na stejnou tlakovou ztrátu. Škrtení je zajištěno vyvažovacími ventily STAD od firmy IMI Hydronic, které jsou umístěny ve světlíku na zpátečce u každého bytového okruhu (kromě bytů v 4NP, kde je vypouštěcí kohout).

Po vyvážení jednotlivých bytových okruhů se ještě musí vyvážit stoupačí potrubí 01 a 02 vůči sobě. Větší tlaková ztráta je na okruhu 01, tím pádem je okruh 02 škrcen na přibližně stejnou tlakovou ztrátu. Škrtení je zajištěno stejnými vyvažovacími ventily jako u bytových okruhů. Umístění ventilů je za sdruženým rozdělovačem v technické místnosti.

Vyvažovací ventil umožňuje velice přesné nastavení. Skládá se z ovládací hlavičky, na které je stupnice s číslicemi, a samotěsnící měřící vsuvky. Na stupnici lze nastavovat otáčky po desetínách od 0,0 (uzavřený ventil) až po 4,0 (zcela otevřený ventil). Vyvažovací ventil může zároveň soužit i jako vypouštěcí kohout.



Obr. 9 Vyvažovací ventil STAD [P10]

Výpočet otáček se provádí podobně jako u termostatického radiátorového ventilu přes k_v hodnotu nebo pomocí návrhových monogramů. [P10]

V tabulce 6 jsou uvedeny výsledky pro nastavení vyvažovacích ventilů v bytech a v tabulce 7 jsou uvedeny hodnoty pro nastavení ventilů za sdruženým rozdělovačem.

Tab. 6 Nastavení vyvažovacích ventilů STAD v bytech

Patro	Stoupačka	\dot{m} [kg/h]	DN	Δp_{potr} [kPa]	Doškrtit [kPa]	Potřebné k_v [m ³ /h]	Otáčky	Reálné $k_{v,\text{SKUT}}$ [m ³ /h]	$\Delta p_{\text{STADskut}}$ [kPa]	Δp_{celk} [kPa]
4NP	O1	363	20	34,78	0,00					34,78
3NP	O1	270	20	20,70	14,08	0,73	0,9	0,713	14,6	35,28
2NP	O1	270	20	16,98	17,80	0,65	0,8	0,664	16,8	33,78
1NP	O1	274	20	15,14	19,64	0,63	0,7	0,617	20,2	35,36
4NP	O2	530	25	31,55	0,00					31,55
3NP	O2	376	20	23,23	8,32	1,32	1,6	1,296	8,6	31,80
2NP	O2	376	20	21,25	10,29	1,18	1,5	1,177	10,4	31,64
1NP	O2	381	20	20,03	11,52	1,13	1,5	1,177	10,7	30,69

Tab. 7 Vyvážení okruhů 01 a 02 vůči sobě

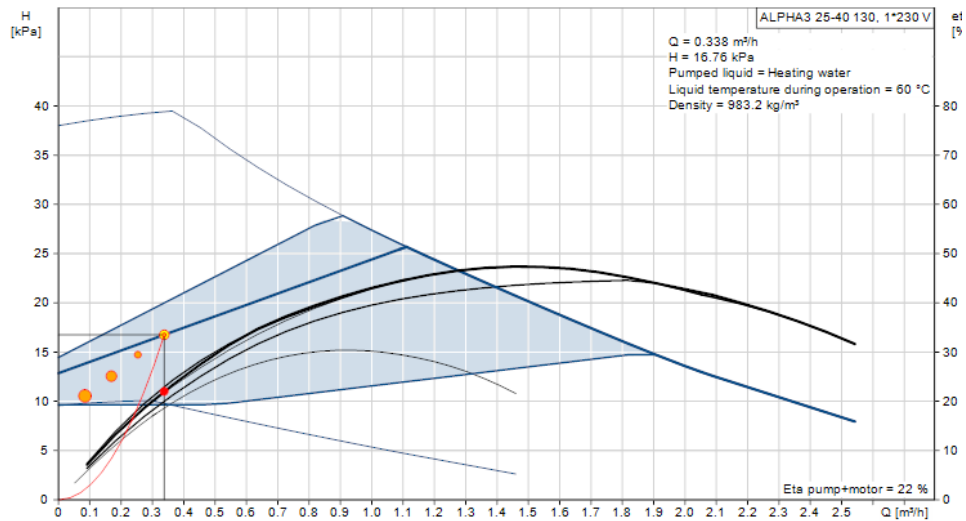
Stoupačka	\dot{m} [kg/h]	DN	Δp_{potr} [kPa]	Doškrtit [kPa]	Potřebné k_v [m ³ /h]	Otáčky	Reálné $k_{v,\text{SKUT}}$ [m ³ /h]	$\Delta p_{\text{STADskut}}$ [kPa]	Δp_{celk} [kPa]
O1	1176	40	35,36	0,00					35,36
O2	1662	40	31,55	3,81	8,60	2,5	8,913	3,5	35,09

5.3. Oběhová čerpadla

U soustav s nuceným oběhem vody zajišťují přítok otopné vody k odběrným místům oběhová čerpadla. Čerpadlo je voleno na základě charakteristiky čerpadla, která udává závislost mezi dopravní výškou (kterou udává tlaková ztráta hlavní větve) a objemovým průtokem. Místo, kde se protíná hodnota průtoku s hodnotou dopravní výšky, se nazývá pracovní bod čerpadla. Pracovní bod se musí nacházet na charakteristice čerpadla a je součástí charakteristiky potrubní sítě.

- **Okruh vedoucí k otopným tělesům v suterénu**

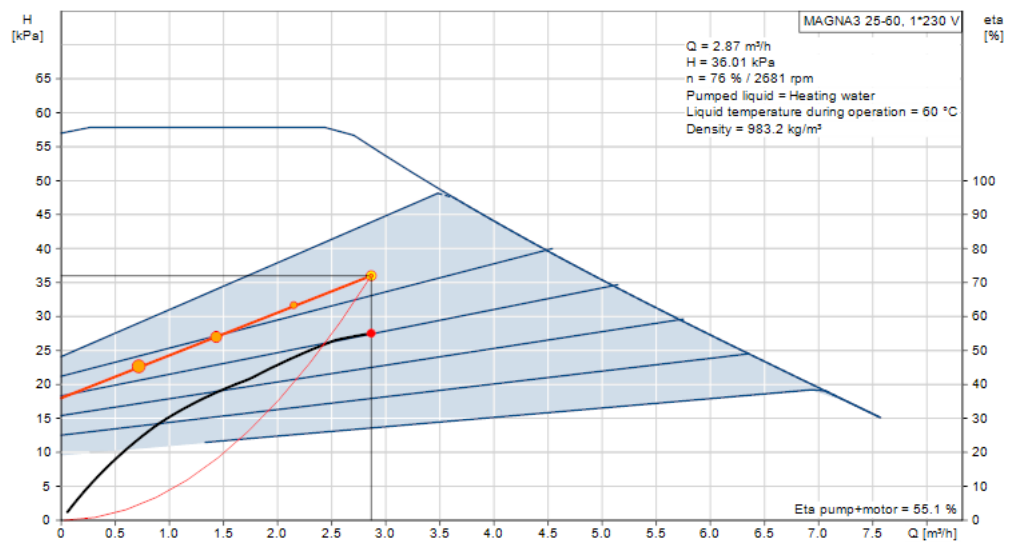
Pro tento topný okruh jsem zvolil oběhové čerpadlo Grundfos ALPHA 3 25-40 130. Dopravní výška čerpadla je 16,75 kPa. Maximální průtok na okruhu je 0,338 m³/h. Čerpadlo má v sobě integrovanou funkci autoadapt s předností regulací na konstantní dopravní tlak Δp -c. [P25]



Obr. 10 Charakteristika čerpadla pro okruh vytápěcí suterén [P25]

- **Okruhy vedoucí na stoupací potrubí 01 a 02**

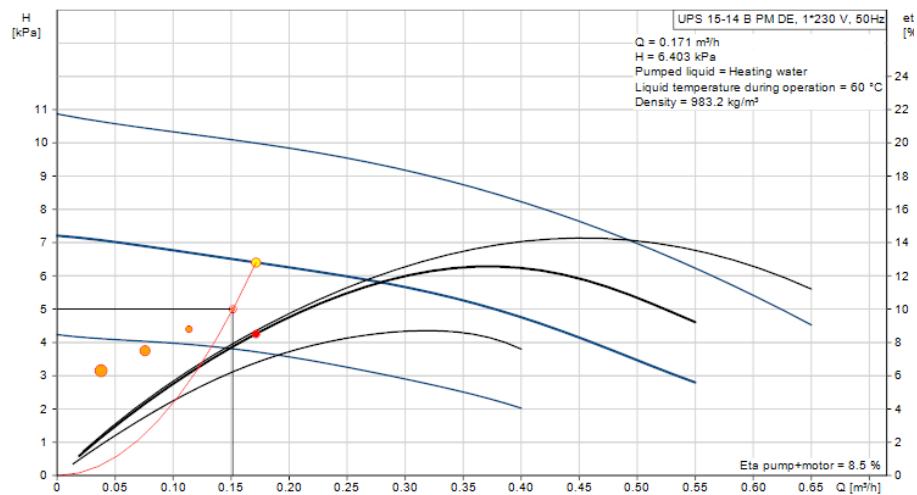
Pro bytové okruhy jsem navrhl čerpadlo MAGNA 25-60 od firmy Grundfos. Skutečný pracovní bod tohoto čerpadla je dán objemovým průtokem 2,84 m³/h a dopravní výškou 36,01 kPa. I toto čerpadlo má funkci autoadapt s předností regulací Δp -c. [P26]



Obr. 11 Charakteristika čerpadla MAGNA 25-60 [P26]

- **Okruh vedoucí na ohřivač VZT jednotky**

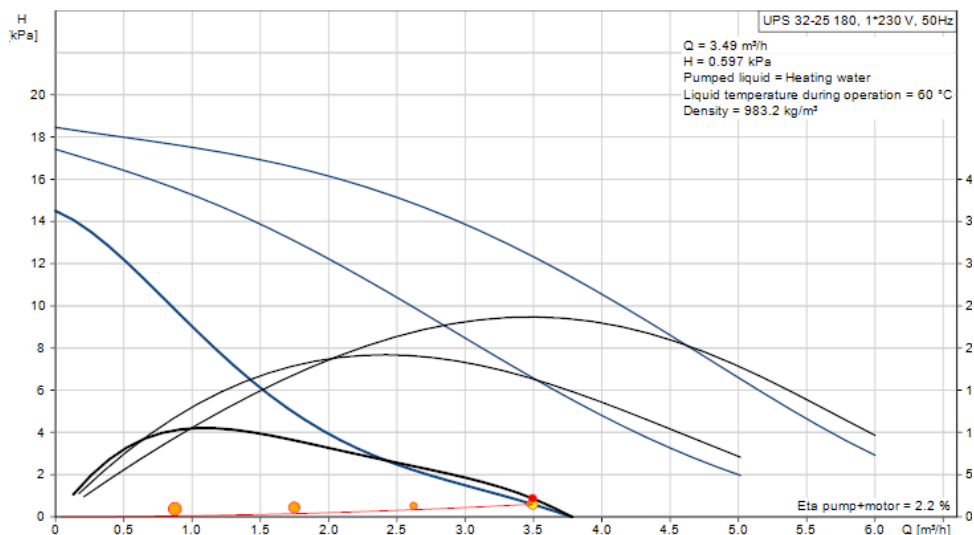
Na tomto topném okruhu je oběhové čerpadlo Grundfos UPS 15-14 PM DE. Objemový průtok na okruhu činí 0,152 m³/h a tlaková ztráta je 5,03 kPa. Toto čerpadlo nemá funkci autoadapt. Protože se jedná o malé průtoky a malou tlakovou ztrátu, tak je toto čerpadlo regulováno prostou změnou otáček. [P27]



Obr. 12 Charakteristika oběhového čerpadla na okruhu k ohřivači VZT jednotky [P27]

- **Okruh mezi kotlem a rozdělovačem**

Zde je zvoleno čerpadlo UPS 32-25 180. Tlaková ztráta na tomto úseku je 0,31 kPa a průtok otopné vody je 3,18 m³/h. Toto čerpadlo bude regulováno na konstantní dopravní tlak Δp -c.[P28]



Obr. 13 Charakteristika oběhové ho čerpadla pro okruh od kotle k rozdělovači [P28]

6. VĚTRÁNÍ

Řešení systému větrání je v objektu rozdílné pro byty v 1-4 NP a pro suterén, kde je bar s kulečnickovou hernou.

V bytech bude ve všech místnostech kromě koupelny přirozené větrání. Protože okna v budově jsou těsná, tak přívod vzduchu bude zajištěn pomocí stěnových štěrbin EHT umístěných v kuchyních a pokojích. Koupelny nesousedí s venkovním prostředím a jsou odvětrávány nuceně. V každé koupelně bude ventilátor na odtah znečištěného vzduchu. Ventilátor bude zabudovaný nad vanou ve výšce dvou metrů nad podlahou. Potrubí na odvod vzduchu povede z koupelen do světlíku a dále na střechu. Konec potrubí bude opatřen výfukovou hlavicí.

V suterénu bude v místnosti 012 zavedeno nucené větrání. Jelikož se jedná o jednu místnost, tak jsem zde zvolil vzduchový, jednozónový, jednokanálový klimatizační systém. Zdrojem je vzduchotechnická jednotka od společnosti Atrea. Z důvodu snížení provozních nákladů je jednotka opatřena zpětným získáváním tepla. Ohřívač VZT jednotky je napojen na stejný zdroj tepla jako otopná soustava. Přívod vzduchu do jednotky je zajištěn nasátím venkovního vzduchu z jižní fasády. Odvod je umístěn na západní fasádě, kde se nepředpokládá častý výskyt osob. Přívodní i odvodní potrubí je na konci opatřeno protidešťovou žaluzií.

Místnost 016 bude sloužit jako sklad suchých potravin a zároveň to bude zázemí pro obsluhu baru. Tato místnost bude mít podříznuté dveře pro přívod vzduchu. Odvod vzduchu bude zajištěn vzduchotechnikou.

Na WC v suterénu bude stejně jako ve skladu zajištěn vzduchotechnikou pouze odvod vzduchu. Přívod vzduchu bude zajištěn oknem a stěnovými mřížkami.

6.1. Návrh klimatizačního systému

Tato podkapitola se zabývá návrhem vzduchotechnických zařízení a dimenzováním vzduchovodu.

6.1.1. Výpočet tepelné zátěže

Pro dimenzování zdroje chladu je nutné znát tepelné zisky v místnosti. Výpočet tepelných zisků je v této práci proveden podle normy ČSN 73 0548.

Teplené zisky vznikají buď z vnějších nebo z vnitřní zdrojů tepla. Vnitřní zisky v místnosti produkují lidé, osvětlení, elektrické vybavení a různé technologie. Poněvadž se jedná o bar a kulečnickovou hernu, tak je zde počítáno pouze s vnitřními tepelnými zisky od lidí, od osvětlení a od elektronického vybavení.

Teplené zisky vzniklé od lidí se spočítají

$$Q_L = Q_{L1} \cdot n = 64 \cdot 25 = 1600 \text{ W}, \quad (6-1)$$

kde

Q_{L1} je tepelný zisk od jednoho člověka. V normě ČSN 73 0548 je tabulka s hodnotami pro určité činnosti. Protože se v místnosti 012 bude hrát kulečnick, tak se předpokládá větší aktivita osob $\rightarrow Q_{L1} = 64 \text{ W}$.

n je počet lidí v místnosti. Předpokládá se, že v baru bude maximálně 25 osob.

Tepelné zisky od osvětlení jsou dány

$$Q_{SV} = q_{SV} \cdot S_{osv} = 8 \cdot 113,2 = 906 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}, \quad (6-2)$$

kde

q_{SV} je produkce tepla od osvětlení. Podle doporučení normy ČSN 73 0548 je $q_{SV} = 8 \text{ W/m}^2$.
 S_{osv} je osvětlená plocha [m^2].

Předpokládá se, že v prostoru baru bude kávovar a počítač. Tyto elektronické přístroje budou generovat maximální tepelný zisk 800 W.

Venkovní tepelné zisky vznikají od oslunění a jsou závislé na mnoha faktorech. Protože se tato práce soustředí hlavně na problematiku vytápění, tak zde není podrobně popsán postup při výpočtu. Výpočet byl proveden na základě normy ČSN 73 0548. V tabulce 8 jsou uvedeny vstupní hodnoty pro výpočet. Jelikož je velká část klimatizované místnosti zapuštěna pod terén, tak jsou zde tepelné zisky od oslunění velice malé.

Tab. 8 Vstupní hodnoty pro výpočet vnějších tepelných zisků

Orientace	Azimut stěny	Sklon	Plocha oken	Stínící součinitel	Souč. prostupu tepla oknem	Tloušťka stěny	Plocha stěny	Souč. prostupu tepla stěnou
	γ [°]	α [°]	S_{ok} [m ²]	s [-]	U_{ok} [W/m ² K]	d [m]	S_s [m ²]	U_s [W/m ² K]
Západ - místnost O12	270	90	1,25	0,504	1,3	0,46	18,55	0,373
Východ - místnost O12	90	90	1,25	0,504	1,3	0,46	17,31	0,373

Výsledky všech tepelných zisků jsou uvedeny v tabulce 9.

Tab. 9 Výsledky tepelných zisků

Místnost	Počet lidí	Tepelné zisky				
		Vnitřní			Venkovní	Celkem
		od lidí	od el. vybavení	od osvětlení	od oslunění	
		Q_L [W]	Q_T [W]	Q_{SV} [W]	Q_V [W]	Q_Z [W]
O12	25	1600	800	906	144	3450

6.1.2. Dimenzování zdroje chladu a zdroje tepla

Klimatizační zařízení se dimenzuje na extrémní podmínky, které mohou nastat. Budova je umístěna v Praze, pro kterou je oblastní výpočtová teplota rovna -12 °C. Pro návrh klimatizačního zařízení se tato teplota dále snižuje o 3 K. Venkovní výpočtová teplota pro letní období se pro Prahu volí 32 °C. Vnitřní operativní teplota pro letní provoz je zvolena 26±1 °C a pro zimní provoz 23±1 °C.

Tab. 10 Podmínky vzduchu ve vnitřním a vnějším prostředí

Léto					
venkovní prostředí			vnitřní prostředí		
θ_e	32	°C	θ_i	26	°C
h_e	56	kJ/kg	φ_i	50	%
Zima					
θ_e	-15	°C	θ_i	23	°C
φ_e	100	kJ/kg	φ_i	49	%

Průtok čerstvého větracího vzduchu se vypočítá na základě hygienických předpisů. Hygienické minimum je 25 m³/h čerstvého vzduchu na osobu. Z důvodu většího komfortu se zde hygienické minimum navyšuje na 35 m³/h.

$$\dot{V}_e = n \cdot D = 25 \cdot 35 = 875 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}, \quad (6-3)$$

kde

n je počet lidí, počítá se s maximální obsazeností 25 osob [-];

D je dávka čerstvého vzduchu na osobu [m³/h].

V místnostech 013 a 014 je dán průtok odváděného vzduchu zařizovacími předměty. Podle zdroje [23] je průtok vzduchu na jednu záchodovou mísu 50 m³/h, na pisoár 30 m³/h a na jedno umyvadlo 25 m³/h.

Ve skladu je zvolen odvod vzduchu z místnosti 50 m³/h.

Průtok vzduchu potřebný pro odvod tepelné zátěže se vypočítá

$$\dot{V}_z = \frac{Q_z}{\rho \cdot c \cdot \Delta\theta_p} = \frac{3450}{1,2 \cdot 1010 \cdot 11,7} = 875 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}, \quad (6-4)$$

kde

Q_z jsou tepelné zisky [W];

$\Delta\theta_p$ je pracovní rozdíl teplot. Pro vířivý anemostat se volí v rozmezí 10-12 K. Zde je zvoleno 11,7 K.

Z výsledků rovnic (6-3) a (6-4) lze vidět, že průtok větracího vzduchu a průtok vzduchu potřebného pro odvod tepelné zátěže jsou si rovny. Z tohoto důvodu se zde nemusí použít oběhový vzduch.

Protože lidé v místnosti produkují pot, tak se při návrhu klimatizačního zařízení musí započítat vlhkostní zisky.

$$\dot{m}_w = V \cdot \rho \cdot \Delta x \Rightarrow \Delta x = \frac{\dot{m}_w}{V \cdot \rho} = \frac{116 \cdot 25}{875 \cdot 1,2} = 2,76 \frac{\text{g}}{\text{s}}, \quad (6-5)$$

kde

Δx je rozdíl měrných vlhkostí mezi přiváděným vzduchem a vzduchem v místnosti [g/kg_{s.v.}];

\dot{m}_w jsou toky vodní páry od lidí. Na jednoho člověka se při teplotě 26 °C počítá 116 g/h. [24]

Výkon chladiče vzduchu je pak dán vztahem

$$Q_{chl} = V \cdot \rho \cdot \Delta h = \frac{875}{3600} \cdot 1,2 \cdot (56 - 33,9) = 6,4 \text{ kW}, \quad (6-6)$$

kde

Δh je rozdíl entalpií venkovního a přiváděného vzduchu [kJ/kg_{s.v.}].

Popis chování vzduchu v letním provozu je zobrazen v h-x diagramu který je uveden na obr. 14. V tabulce pod h-x diagramem, jsou výsledné hodnoty pro stavy venkovního (E), vnitřního (I) a přiváděného (P) vzduchu.

Popis chování vzduchu:

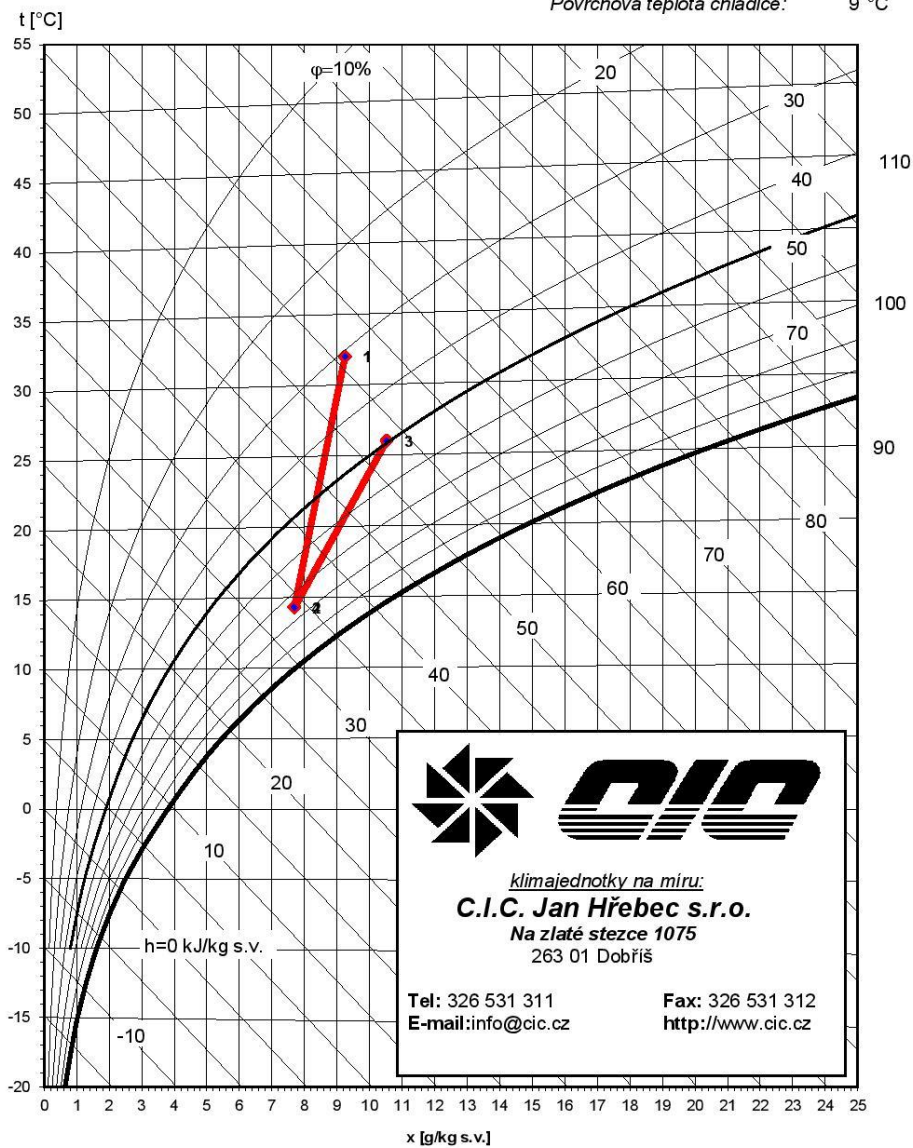
E: Nasátí venkovního vzduchu.

P: Chlazení vzduchu v chladiči vzduchotechnické jednotky (povrchová teplota chladiče je 9 °C) a přívod vzduchu do místnosti.

I: Úprava vzduchu v místnosti

Psychrometrický diagram dle Molliera

Tlak vzduchu: 100 kPa
 Max. vlhkost při úpravách: 100 %
 Povrchová teplota chladíče: 9 °C



klimajednotky na míru:
C.I.C. Jan Hřebec s.r.o.
 Na zlaté stezce 1075
 263 01 Dobříš

Tel: 326 531 311
 E-mail: info@cic.cz

Fax: 326 531 312
 http://www.cic.cz

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			E	P	I							
Teplota	t	°C	32,0	14,3	26,0	14,3						
rel. vlhkost	φ	%	31%	75%	50%	75%						
měr. vlhkost	x	g/kg s.v.	9,2	7,7	10,5	7,7						
entalpie	h	kJ/kg s.v.	56,0	33,9	53,1	33,9						
hustota	ρ	kg/m ³	1,14	1,21	1,16	1,21						
t. vlhkého tepl.	tv	°C	19,4	12,7	17,4	15,0						
Skut. průtok	Vs	m ³ /h	0	0	0	0						
Norm. průtok	Vn	m ³ /h	0	0	0	0						
Předaný výkon	P	kW		0,0		0,0						
Odpařené vody	qw	kg/h		0,0		0,0						

Obr. 14 h-x diagram pro letní provoz

V zimním provozu je vytápění zajištěno otopnými tělesy. Tepelná ztráta prostupem tepla konstrukcí není hrazena vzduchotechnikou a teplota přiváděného vzduchu tedy bude stejná jako teplota vzduchu v místnosti. V zimním období bude jednotka využívat zpětné získávání tepla. Aby ve výměníku docházelo i k přenosu vlhkosti, tak je zde navrhnut rotační hydroskopický výměník. Teplotní faktor je často výrobcí udávána v rozmezí hodnot od 80-90 %. Výrobci ovšem tyto hodnoty stanovují za laboratorních podmínek. Při reálných podmínkách je tato účinnost výrazně menší. Po dohodě s vedoucím této práce jsem zvolil teplotní faktor 0,7. Účinnost vlhkostního přenosu ve výměníku je výrobcem udávána 90 %. Tato hodnota je zahrnuta ve výpočtech.

Protože by mohlo dojít k zamrznutí rotačního výměníku, tak je zde zaveden přehřev venkovního vzduchu. Přehřev zajišťuje elektrický ohřívač fy. Systemar řada CBM (příloha P15), který vzduchu ohřívá na $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ohřívač je v provozu pouze v případě poklesu venkovní teploty pod $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Aby bylo možné určit výkon ohřívače, tak se musí vypočítat teplota za výměníkem.

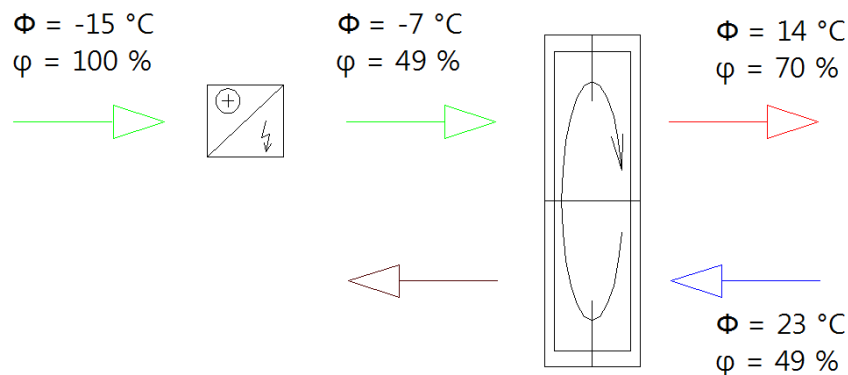
$$\Phi = \frac{\theta_{ZZT} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \Rightarrow \theta_{ZZT} = \Phi \cdot (\theta_i - \theta_e) + \theta_e = 0,7 \cdot (23 - (-7)) + (-7) = 14\text{ }^{\circ}\text{C}, \quad (6-7)$$

kde

θ_{ZZT} je teplota za výměníkem [$^{\circ}\text{C}$];

θ_e je venkovní teplota (po přehřátí elektrickým ohřívačem) [$^{\circ}\text{C}$];

θ_i je teplota vzduchu odváděného z místnosti [$^{\circ}\text{C}$].



Obr. 15 Bilance rotačního výměníku

Jelikož vzduchotechnická jednotka není vybavena zvlhčovačem, tak je měrná vlhkost vzduchu za výměníkem stejná jako měrná vlhkost vzduchu přiváděného do místnosti. Výpočet se provede z rovnice pro vlhkostní faktor hydroskopického výměníku.

$$\Psi_e = \frac{x_{ZZT} - x_e}{x_i - x_e} \Rightarrow x_{ZZT} = \Psi_e \cdot (x_i - x_e) + x_e = 0,9 \cdot (7,67 - 1) + 1 = 7 \frac{g}{kg_{s.v.}}, \quad (6-8)$$

kde

x_{ZZT} je měrná vlhkost za výměníkem [g/kg_{s.v.}];

x_e je měrná vlhkost venkovního vzduchu [g/kg_{s.v.}];

x_i je měrná vlhkost vzduchu odváděného z místnosti [g/kg_{s.v.}].

Výkon ohříváče při využití zpětného získávání tepla je

$$Q_{oh} = V \cdot \rho \cdot \Delta\theta = \frac{875}{3600} \cdot 1,2 \cdot (20 - 14) = 2,65 \text{ kW}, \quad (6-9)$$

kde

$\Delta\theta$ je rozdíl teploty vzduchu přiváděného do místnosti a teplota vzduchu za výměníkem [K].

Na obr. 16. je uveden h-x diagram pro zimní provoz.

Popis chování vzduchu:

E: Nasátí venkovního vzduchu.

O: Ohřev v předeříváči.

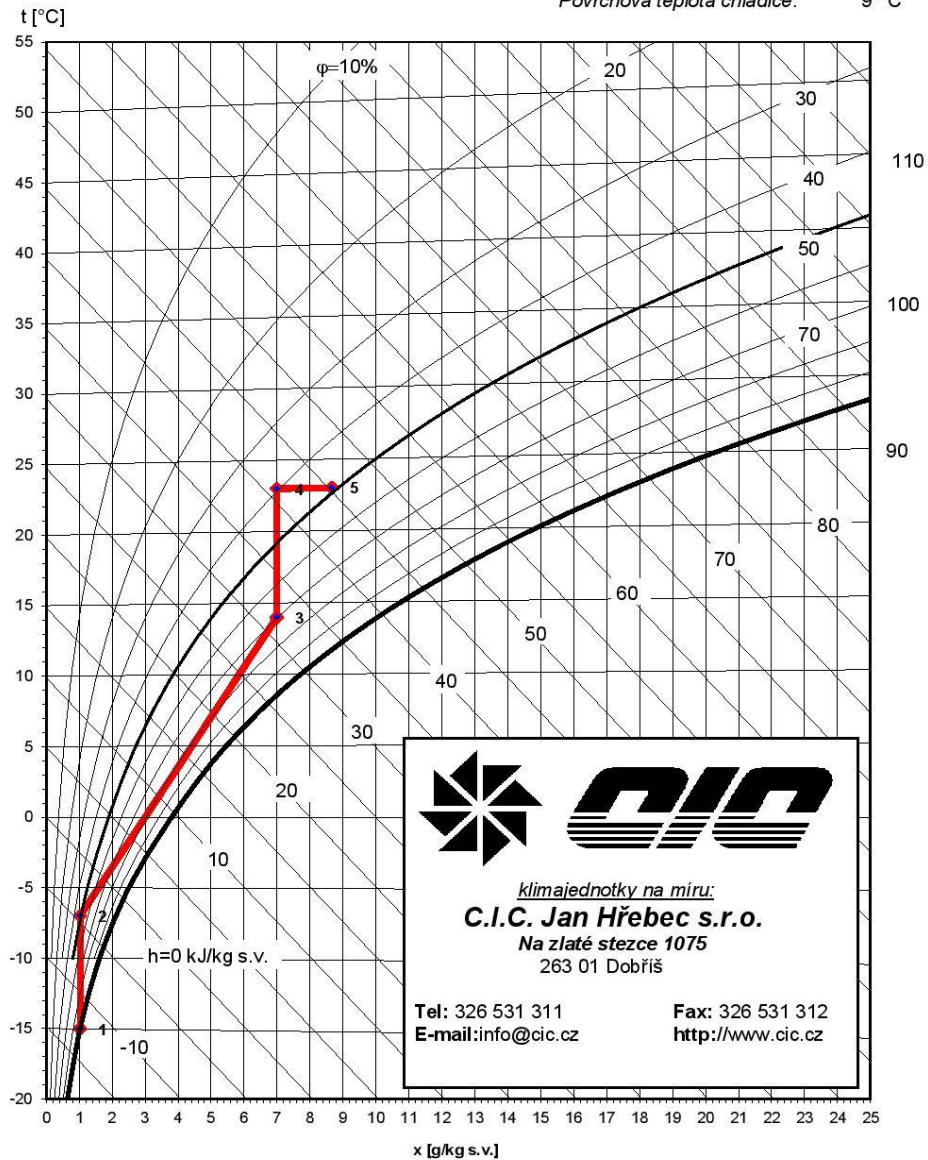
ZZT: Ohřev a vlhčení v hydroskopickém výměníku.

P: Ohřev v ohříváči vzduchotechnické jednotky, a přívod vzduchu do místnosti.

I: Úprava vzduchu v místnosti. Zde se projeví vlhkostní zisky od lidí.

Psychrometrický diagram dle Molliera

Tlak vzduchu: 100 kPa
 Max. vlhkost při úpravách: 100 %
 Povrchová teplota chladiče: 9 °C



klimajednotky na míru:
C.I.C. Jan Hřebec s.r.o.
 Na zlaté stezce 1075
 263 01 Dobříš

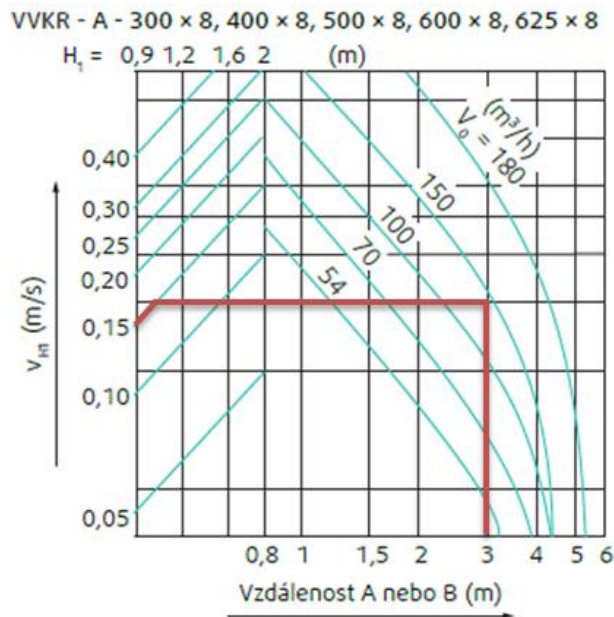
Tel: 326 531 311 Fax: 326 531 312
 E-mail: info@cic.cz http://www.cic.cz

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			E	O	ZZT	P	I					
Teplota	t	°C	-15,0	-7,0	14,0	23,0	23,0					
rel. vlhkost	φ	%	100%	49%	70%	40%	49%					
měr. vlhkost	x	g/kg s.v.	1,0	1,0	7,0	7,0	8,7					
entalpie	h	kJ/kg s.v.	-12,6	-4,5	31,8	41,0	45,3					
hustota	ρ	kg/m ³	1,35	1,31	1,21	1,17	1,17					
t. vlhkého tepl.	tv	°C	-15,0	2,7	8,4	10,2	3,9					
Skut. průtok	Vs	m ³ /h	0	0	0	0	0					
Norm. průtok	Vn	m ³ /h	0	0	0	0	0					
Předaný výkon	P	kW		0,0	0,0	0,0	0,0					
Odpařené vody	qw	kg/h		0,0	0,0	0,0	0,0					

Obr. 16 h-x diagram pro zimní provoz

6.1.3. Distribuční prvky

Jako distribuční prvky pro přívod vzduchu do místnosti 012 jsem navrhl vířivé anemostaty od společnosti Systemair řada VVKR – A o velikosti 500 x 500 s počtem lamel 8. Návrh vířivých anemostatů se provádí tak, aby rychlost proudění vzduchu ve výšce 1,8 m od podlahy byla maximálně 0,2 m/s. Tato rychlost závisí na průtoku vzduchu a na vzdálenosti anemostatů od sebe a od stěn. Výrobci udávají monogramy, ze kterých návrh anemostatů vychází. [P16]



Obr. 17 Nastavení anemostatů [P16]

Průtok na jednom anemostatu je 146 m³/h. Vzdálenost A (vzdálenost anemostatů od sebe) je 3 metry. Výška anemostatu nad podlahou je 2,8 m. Z toho plyne, že výška H₁ mezi anemostatem a výškou 1,8 m nad podlahou je 1 m. Z grafu na obr. 17, je patrné, že rychlost proudění ve výšce 1,8 m nad podlahou je 0,15 m/s a je tedy splněna podmínka, že je menší než 0,2 m/s.

Odvod vzduchu z místnosti 012 je zjištěn mřížkami fy. Systemair řady NOVA – C o rozměrech 625 x 125 umístěnými na kruhovém potrubí v podhledu. V podhledu musí být otvory, které zajistí přívod vzduchu k mřížkám.

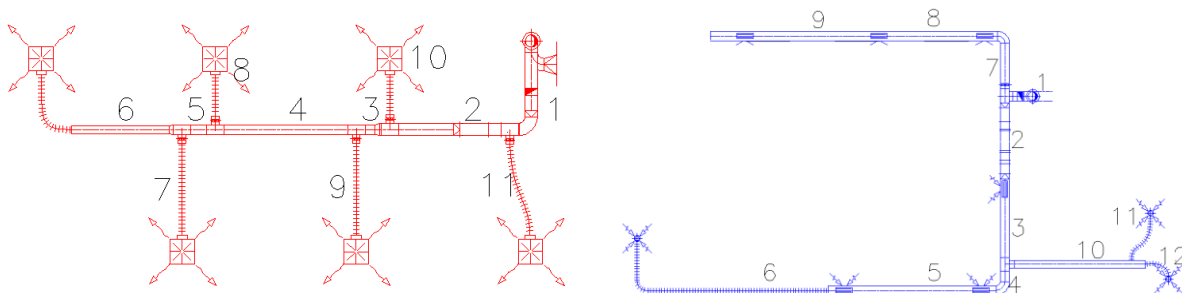
Odvod odpadního vzduchu z WC a skladu je zajištěn talířovými ventily o průměru 100 mm.

6.1.4. Regulace VZT soustavy

Princip regulace je u vzduchového potrubí stejný jako u vodních soustav. Aby se objem vzduchu potřebný pro větrání rovnoměrně rozdělil mezi distribuční prvky, musí se soustava

tlakově vyvážit. To znamená, že se úseky, které mají menší tlakovou ztrátu, budou škrtit na stejnou tlakovou ztrátu, jakou má větev hlavní větev. Na přívodním potrubí je škrcení zajištěno ručními regulačními klapkami, které jsou součástí plenum boxu anemostatů. Plenum box slouží jako propojovací prvek mezi potrubní sítí a anemostaty. Na odvodním potrubí se škrtí přivřením talířových ventilů. Protože na jedné větvi není žádný talířový ventil, je zde vložena ruční regulační klapka fy. Systemair TUNE-R-250-B.

Výpočet tlakových ztrát probíhá stejně, jak je popsáno v kapitole 4 s tím rozdílem, že vzduch má jiné fyzikální vlastnosti než voda. Součinitele místních ztrát jsou převzaty ze zdroje [25]. Tlakové ztráty distribučních a jiných potrubních prvků (anemostatů, talířových ventilů, mřížek, požárních klapek, a tlumičů hluku) jsou uvedeny v přílohách. [P16], [P17], [P18], [P19], [P20].



Obr. 18 Úseky na přívodní a odvodní potrubní síti

Výsledky tlakových ztrát jednotlivých úseků vzduchotechnického potrubí jsou uvedeny v příloze V6. V tabulce 11 je pak uvedeno na jakou tlakovou ztrátu je potřeba úseky škrtit.

Tab. 11 Tlakové ztráty na jednotlivých úsecích

Odvod			Přívod		
úseky	Tl. ztráta	Doškrtit	úseky	Tl. ztráta	Doškrtit
	[Pa]	[Pa]		[Pa]	[Pa]
1+2+3+4+5+6	140,68	0,00	1+2+3+4+5+6	209,95	0,00
1+2+3+10+11	133,54	7,14	1+2+3+4+5+7	205,96	4,00
1+2+3+10+12	132,28	8,41	1+2+3+4+8	199,72	10,23
1+2+3+4+5	126,87	13,81	1+2+3+9	185,23	24,73
1+2+3+4	122,18	18,50	1+2+10	160,74	49,22
1+2+3	116,34	24,34	1+11	134,60	75,35
1+2	108,37	32,32			
1+7+8+9	118,23	22,46			
1+7+8	113,66	27,03			
1+7	108,95	31,74			
1+2+3+4+5+6	140,68	0,00			

6.2. Volba vzduchotechnické jednotky

Vzduchotechnická jednotka zajišťuje přívod a odvod vzduchu do větrané místnosti. Jako zdroj pro větrání suterénu jsem zvolil vzduchotechnickou jednotku Atrea roto 1500 v podparapetním provedení. [P21] Výbava jednotky je tvořena přívodním a odvodním ventilátorem, rotačním výměníkem, vodním ohřivačem, vodním chladičem a filtry třídy G4.

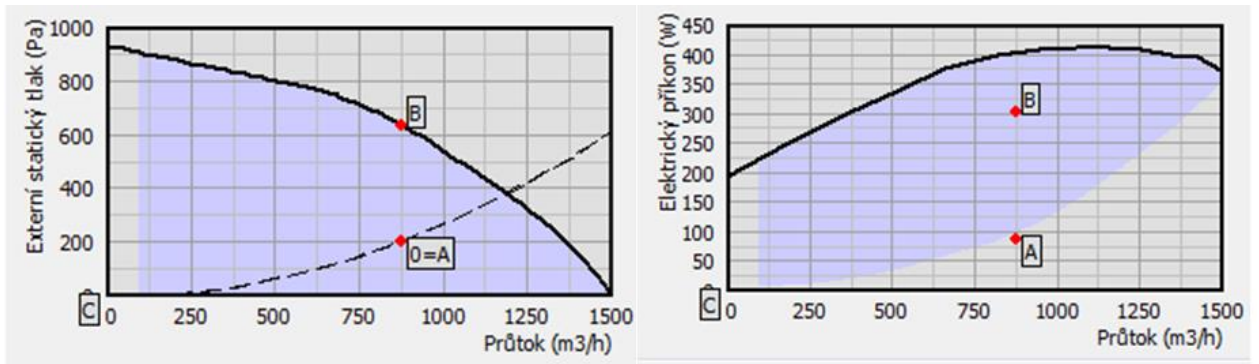
Ve vzduchotechnické jednotce vzniká kondenzát, který se odvádí do kanalizace. Tento problém řeší profese zdravotně technické instalace.

6.2.1. Přívodní ventilátor

V jednotce je instalován ventilátor s označením Me.107.EC1.

Tab. 12 Hodnoty ventilátoru přívodního vzduchu

Veličina	Hodnota	Jednotky
Napětí	230	V
Frekvence	50	Hz
Příkon	91	W
Otáčky	2583	Ot/min
Akustický výkon sání	57	LwA
Akustický výkon výtlač	75	LwA



Obr. 19 Charakteristiky ventilátoru pro přívod vzduchu

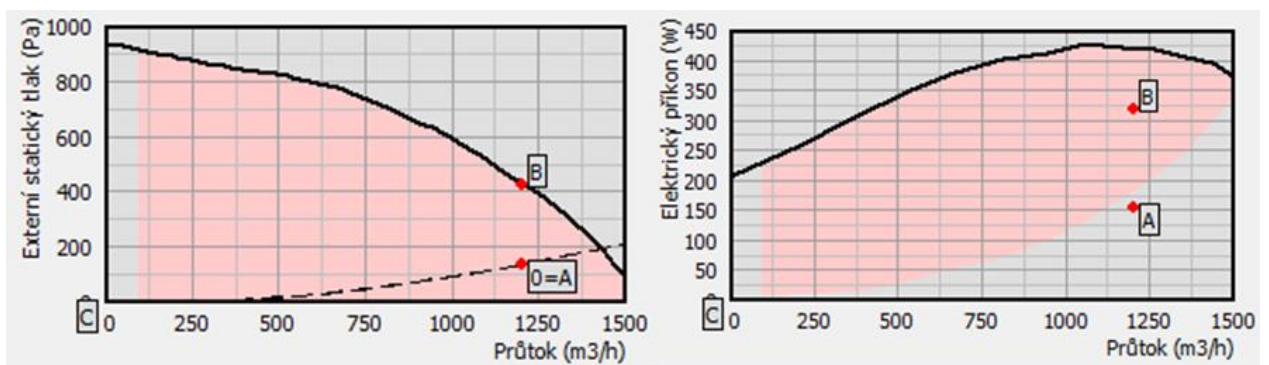
Bod A je skutečný pracovní bod a bod B je maximální možný pracovní bod.

6.2.2. Ventilátor pro odvod

Ventilátor pro odvod je stejný jako pro přívod vzduchu.

Tab. 13 Hodnoty ventilátoru na odvod vzduchu

Veličina	Hodnota	Jednotky
Napětí	230	V
Frekvence	50	Hz
Příkon	157	W
Otáčky	2857	Ot/min
Akustický výkon sání	62	LwA
Akustický výkon výtlak	81	LwA

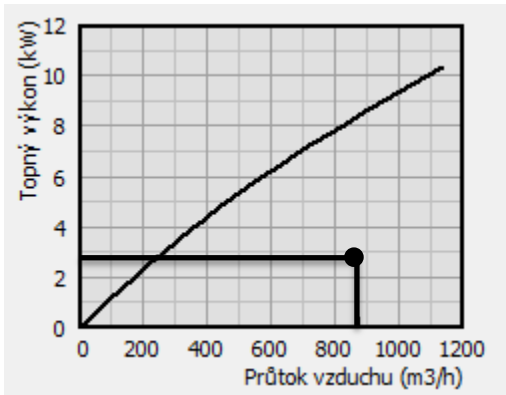


Obr. 20 Charakteristiky pro ventilátor na odvod vzduchu

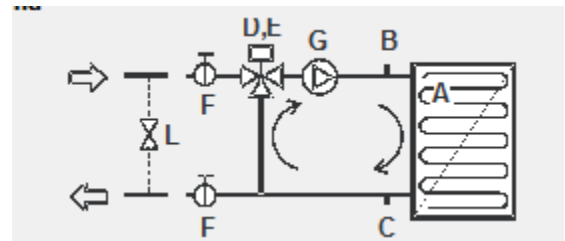
Body A a B jsou značeny stejně jako na obr. 19.

6.2.3. Ohřivač

Pro zimní provoz je součástí jednotky vodní ohřivač s označením T 1500 3R o výkonu 2,65 kW pracující s teplotním spádem 60/45 °C.



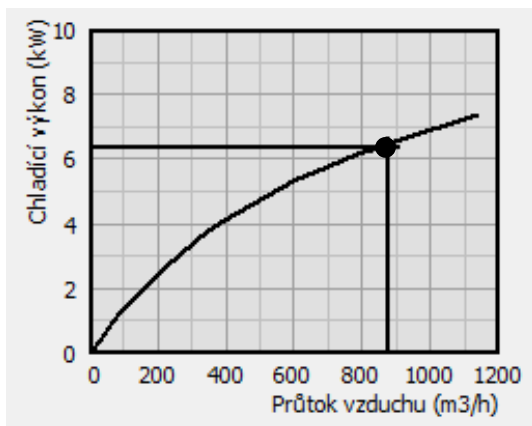
Obr. 22 Charakteristika ohřivače



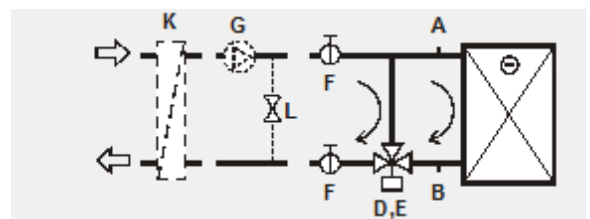
Obr. 21 Schéma zapojení ohřivače

6.2.4. Chladič

Pro letní provoz je zde vodní chladič W 1500 5R o výkonu 6,4 kW pracující s látkou etylenglykol 30 % s teplotním spádem 6/12 °C.



Obr. 24 Charakteristika chladiče



Obr. 23 Schéma zapojení chladiče

7. ZDROJ TEPLA

Zdroje tepla určené pro vytápění se dělí dle:

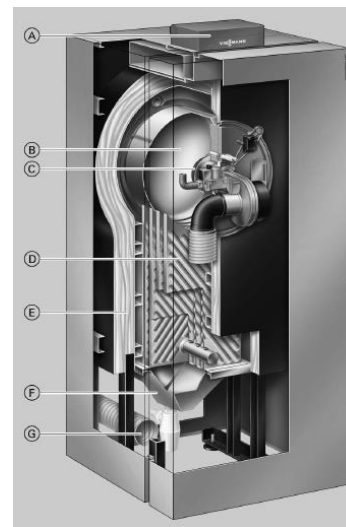
- Umístění
 - lokální – zdroje tepla jsou umístěny přímo ve vytápěných prostorech
 - ústřední – zdroj tepla je určen pro vytápění celku
 - centrální – teplo pro vytápění se připravuje v teplárnách či výtopnách
- Druhu paliva
 - Tuhá paliva (uhlí)
 - Plynná paliva (zemní plyn)
 - Kapalná paliva (LTO, mazut)

Pro daný objekt jsem jako zdroj tepla zvolil stacionární kondenzační kotel Viessmann Vitocrossal 300 CU3A o výkonovém rozsahu 12 až 60 kW. [P11] Celkový instalovaný výkon, který bude kotel hradit, činí 58,1 kW. 55,4 kW je výkon potřebný pro vytápění otopnými tělesy a 2,65 kW je výkon potřebný pro ohříváč vzduchotechnické jednotky.

Výhodou kondenzačních kotlů je vysoká účinnost spalovacího procesu. U tohoto konkrétního kotle udává výrobce hodnotu účinnosti od 98 %. Takto vysoká účinnost je dána tím, že po spálení plynu a ochlazení spalin dochází ke kondenzaci vlhkosti obsažené ve spalinách, čímž se uvolňuje kondenzační teplo obsažené ve spalinách.

Jelikož se jedná o stacionární kotel, který nedisponuje oběhovým čerpadlem ani pojistným ventilem a expanzní nádobou. Přívod spalovacího vzduchu je zajištěn potrubím z venkovního prostředí, jedná se tedy o plynový spotřebič kategorie C.

Jak již název napovídá, u kondenzačních kotlů vzniká kondenzát, který je potřeba odvést do kanalizace. Tímto problémem se zabývá profese zdravotně technické instalace. Odvod kondenzátu u kotlů bývá nejčastěji odveden podlahovou vpustí.



Obr. 25 Schéma kotle Viessmann Vitocrossal 300 CU3 [P11]

7.1. Umístění kotle v budově

Protože je celkový instalovaný výkon v budově větší než 50 kW, tak je podle normy ČSN 07 0703 (Kotelny se zařízeními na plynná paliva) místnost, ve které je kotel umístěn, řazena jako kotelná III. kategorie. Z toho vychází předpisy, které musí místnost splnit, aby v ní bylo možné provozovat kotel.

Předpisy pro kotelny:

- 1) Velikost:
 - a) Min. světlá výška kotelny musí být 3 metry
 - b) Min. odchodná výška musí být 2,1 metrů
- 2) Dveře:
 - a) Dveře kotelny se musí otevírat ven z kotelny
 - b) Min. šířka dveří je 900 mm
 - c) Dveře, které nevedou do volného prostoru, musí být protipožární a musí se samočinně uzavírat
- 3) Vzdálenosti
 - a) Vzdálenosti mezi jednotlivými zařízeními je min. 600 mm
 - b) Hlavní průchozí prostor musí být min. šířky 1,2 metrů jako úniková cesta
- 4) Připojení na kanalizaci
 - a) Pro napouštění a vypouštění otopné vody je nutné kotelnu napojit na vodovodní soustavu a kanalizaci.
- 5) Hluk a vibrace
 - a) Každý kotel má mít vlastní základovou desku ze železobetonu o síle 10 cm. Půdorys základů by měl přesahovat základnu kotle o 3 až 5 cm. Základ se ukládá do korkové desky, která brání průniku hluku a vibrací
 - b) Před oběhové čerpadlo se doporučuje umístit kompenzátor, který vyrovná pružení kotle a zabraňuje proudění hluku v potrubí
- 6) Rozdělovač a sběrač
 - a) umístění na stěně ve výšce 500 až 1000 mm
 - b) vzdálenost hrdel jednotlivých větví je 200 až 250 mm
- 7) Podlaha

- a) Podlaha musí být spádována
- b) Podlaha musí mít protiskluzový, omyvatelný povrch

Projektant vytápění pouze předepisuje požadavky pro tyto předpisy. Samotnou realizaci (konstrukční řešení a výrobce) řeší projektant stavby, případně projektant zdravotně technických instalací. Z hlediska této studie je důležité větrání kotelny.

7.1.1. Větrání kotelny

Na větrání kotelen platí specifické požadavky dané normou ČSN 07 0703 a TPG 908 02. Podle TPG 908 02 „Větrání prostorů se spotřebiči na plynná paliva s celkovým výkonem větším než 100 kW“ platí tyto pravidla (pro místnosti s výkonem větším než 50 kW se tyto pravidla doporučují):

- Ve všech místnostech se spotřebiči typu B a C musí být zajištěna alespoň půlnásobná výměna vzduchu.

Výměnu vzduchu v kotelně v daném objektu bude zajišťovat požární stěnový uzávěr PSUM 90 fy. Mandík. [P33]

- Kotelna by měla mít bezpečnostní zařízení při úniku plynu.

Jako bezpečnostní systém v daném objektu je detekční zařízení, které pracuje ve dvou krocích. Prvním z nich je zvuková a optická signalizace do místa obsluhy, druhým krokem je blokovácí funkce (automatické uzavření přívodu plynu).

- Kotelny I. kategorie musím mít havarijní větrání, které bude mít alespoň desetinásobnou výměnu vzduchu.

Jelikož se nejedná o kotelnu I. kategorie, tak zde není havarijní větrání potřeba.

8. POJISTNÉ A ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Výpočtem pojistných a zabezpečovacích zařízení se zabývá norma ČSN 06 0830. Vzorce použité v této kapitole jsou převzaty z této normy.

8.1. Pojistné zařízení

Pojistné zařízení chrání zdroj tepla proti překročení maximálního dovoleného přetlaku v soustavě. Takovým zařízením je pojistný ventil nebo otevřená expanzní nádoba (která je současně i zabezpečovacím zařízením). Umisťuje se do pojistného úseku, který je definován jako část otopné soustavy, která je vymezena uzavíracími armaturami na vstupu a výstupu ze zdroje tepla. Na pojistném úseku tedy nesmí být žádná uzavírací armatura.

Návrh pojistného ventilu se provádí pomocí tzv. pojistného výkonu, což je tepelný výkon, který ze zdroje tepla musí odvést pojistné zařízení. [17] Výpočet pojistného výkonu se pro kotle provádí podle vzorce

$$Q_P = Q_N = 58,1 \text{ kW}, \quad (8-1)$$

kde

Q_N je jmenovitý výkon zdroje tepla [kW].

Pojistný průtok (průtok vody ventilem) bude

$$\dot{m}_P = Q_P = 58,1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \quad (8-2)$$

a průřez sedla ventilu pro vodu je

$$S_o = \frac{2 \cdot Q_P}{\alpha_v \cdot \sqrt{p_{otv}}} = \frac{2 \cdot 58,1}{0,444 \cdot \sqrt{300}} = 15,1 \text{ mm}^2, \quad (8-3)$$

kde

α_v je výtokový součinitel pojistného ventilu [-];

p_{otv} je otevírací přetlak pojistného ventilu [kPa];

Otevírací přetlak ventilu je 300 kPa a výtokový součinitel je roven 0,444. [P12]

Vnitřní průměr pojistného odvodního potrubí pro vodu se vypočte

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_p} = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{58,1} = 14,57 \text{ mm}. \quad (8-4)$$

V dané budově jsem navrhl pojistný ventil DUCO fy. Meibes jehož jmenovitá světlost je DN15, otevírací přetlak je roven 300 kPa a nejmenším průtočný průřez je 133 mm². Technický list je uveden v příloze P12.

8.2. Zabezpečovací zařízení

Zabezpečovací zařízení zabezpečuje otopnou soustavu proti náhlým změnám teplot potažmo tlaků. Takovým zařízením je tlaková expanzní nádoba.

Návrh tlakové expanzní nádoby se provádí následujícím způsobem. Nejprve se musí určit součinitel zvětšení objemu při maximálním rozdílu teplot.

$$\Delta\theta_{max} = \theta_{max} - \theta_{min} = 60 - 10 = 50 \text{ K} \rightarrow n, \quad (8-5)$$

kde

$\Delta\theta_{max}$ je maximální rozdíl teplot v soustavě [°C];

θ_{max} je maximální teplota v soustavě, dané soustavě je $\theta_{max} = 60 \text{ °C}$.

θ_{min} je minimální teplota v soustavě $\theta_{min} = 10 \text{ °C}$.

Přepočítání mezi maximálním rozdílem teplot a součinitelem zvětšení objemu je uvedeno v tabulce 15.

Tab. 14 Součinitel zvětšení objemu [28]

$\Delta t = t_{max} - 10 \text{ [K]}$	20	30	40	45	50	55	60	65	70
$n \text{ [-]}$	0,00401	0,00749	0,01169	0,01413	0,01672	0,01949	0,02243	0,02551	0,02863
$\Delta t = t_{max} - 10 \text{ [K]}$	75	80	85	90	95	100	105	110	115
$n \text{ [-]}$	0,03198	0,03553	0,03916	0,04313	0,04704	0,05112	0,05529	0,05991	0,06435

Pro dané teploty je tedy $n = 0,01672 \text{ [-]}$

Dalším krokem výpočtu je stanovení nejvyššího a nejnižšího dovoleného absolutního tlaku

$$p_{h,dov,A} = p_{otv} + p_b = 300 + 100 = 400 \text{ kPa}, \quad (8-6)$$

kde

$p_{h,dov,A}$ je nejnižší absolutní dovolený tlak [Pa];

p_b je barometrický tlak [Pa].

Následuje výpočet hydrostatického absolutního tlaku, který má tvar

$$p_{d,dov,A} = 1,1 \cdot h \cdot \rho_{\Delta tmax} \cdot g \cdot 10^{-3} + p_b =$$

$$1,1 \cdot 14 \cdot 988 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3} + 100 = 249 \text{ kPa}, \quad (8-7)$$

kde

h je výška [m].

Z těchto hodnot je možné určit stupeň využití expanzní nádoby

$$\eta = \frac{p_{h,dov,A} - p_{d,dov,A}}{p_{h,dov,A}} = \frac{400 - 249}{400} = 0,38 [-]. \quad (8-8)$$

A objem expanzní tlakové nádoby pak bude

$$V_{EN,t} = 1,3 \cdot V_o \cdot n \cdot \frac{1}{\eta} = 1,3 \cdot 0,373 \cdot 0,01672 \cdot \frac{1}{0,38} = 0,0215 \text{ m}^3 \rightarrow 21,5 \text{ l}, \quad (8-9)$$

kde

V_o je celkový objem otopné vody v soustavě. Skládá se z objemu trubek $V_t = 0,106 \text{ m}^3$ (vypočteno z dimenzí a délek trubek), objemu vody v kotly $V_k = 0,071 \text{ m}^3$ (převzato od výrobce) a objemu vody v otopných tělesech $V_l = 0,197 \text{ m}^3$ (převzato od výrobce)

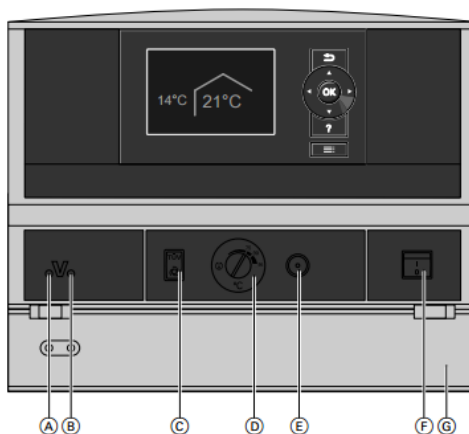
Zvolená expanzní nádoba je od firmy Aquafill výrobní řada HS v závěsném provedení o objemu 25 litrů. Katalogový list je uveden v příloze [P13].

9. REGULACE

Systém regulace otopné soustavy se u daného objektu dělí na centrální regulaci zdroje tepla a na místní regulaci otopných těles.

Výrobce zdroje tepla uvádí, že je kotel vybaven vlastní regulací pro provoz s konstantní teplotou, která je ovládána obslužní jednotkou Vitotronic 200 KW6B. Tato jednotka umožňuje ekvitermě řízený provoz, což znamená, že se teplota na výstupu z kotle reguluje podle teploty venkovního vzduchu. Venkovní teplota se sleduje čidlem umístěným vně budovy a předává signál regulačnímu systému. Čidlo se musí umístit vhodně, aby byly výsledky měření přesné. Zpravidla se umísťuje na severní fasádu, kde je ovlivnění slunečním zářením nejmenší, minimálně 2,5 metrů nad terénem. Dále by čidlo nemělo být umístěno nad otvory sloužící k větrání, nad okna, dveře nebo pod balkóny. Jednotka je ovládána pomocí tlačítek a displeje. Schéma ovládacího zařízení obslužní jednotky je uvedeno na obr. 26. Jednotka je také vybavena indikátorem poruchy a indikátorem napájení. Technický list je uveden v příloze [P29].

Systém Vitotronic 200 KW6B dále umožňuje korekce na vnitřní teploty. Tento systém ovšem nebude využit s ohledem na možné rozdílné preference uživatelů domu. Uživatelé jednotlivých bytů si mohou regulovat teplotu pomocí kapalinové termostatické regulační hlavice. Zvolené TRV je od fy. Heimeier typ K. Technický list použitých TRV je uveden v příloze P24.



Obr. 26 Obslužná jednotka Vitotronic 200 KW6B [P29]

Dalšími regulačními členy jsou v otopné soustavě trojcestné směšovací armatury umístěné za sdruženým rozdělovačem. Těmito ventily se provádí kvalitativní regulace změnou teploty. Při kvalitativní regulaci se mění teplota otopné vody, ale průtok zůstává konstantní. Dimenzování trojcestných směšovacích armatur se provádí následujícím způsobem. Pokud je znám průtok a

tlaková ztráta potrubní sítě s proměnným průtokem (v tomto případě se jedná o tlakovou ztrátu mezi termohydraulickým rozdělovačem a danou směšovací armaturou), tak lze vypočítat požadovanou tlakovou ztrátu směšovacího ventilu.

$$\Delta p_V = \frac{P_V}{1 - P_V} \cdot \Delta p_{var} \text{ [kPa]}, \quad (9-1)$$

kde

Δp_{var} je tlaková ztráta potrubní sítě s proměnným průtokem [kPa];

P_V je autorita ventilu, což je veličina, která má velký vliv na regulační schopnost ventilu.

Jelikož jsou v otopné soustavě tři směšovací armatury, tak se autorita ventilu volí 0,7.

Pro návrh trojcestných armatur je rozhodující k_V hodnota, jejíž výpočet je popsán v kapitole 5. Podle vztahu (5-1) se tedy vypočítá požadovaná k_V hodnota a následně je z katalogu výrobce vybrána armatura s k_V hodnotou nejbližší té vypočtené. Ze skutečné k_V hodnoty lze spočítat skutečnou tlakovou ztrátu ventilu

$$\Delta p_{V,skut} = \Delta p_N \cdot \left(\frac{\dot{V}}{k_{V,skut}} \right)^2 \text{ [kPa]}. \quad (9-2)$$

Pokud je známa skutečná tlaková ztráta ventilu, je možné ze vztahu (9-1) vyjádřit skutečnou autoritu ventilu

$$P_V = \frac{\Delta p_{V,skut}}{p_{V,skut} + p_{var}} \text{ [-]}, \quad (9-3)$$

kde

$\Delta p_{V,skut}$ je skutečná tlaková ztráta směšovací armatury [kPa].

Výsledky výpočtu směšovacích armatur jsou uvedeny v tabulce 15. Použité armatury jsou od fy. Danfoss typ HRB 3. Technické údaje jsou uvedeny v příloze P30 na straně 24.

Tab. 15 Výsledné hodnoty výpočtů směšovacích armatur

okruh	\dot{m} [kg/h]	$\Delta p_{úseků}$ [kPa]	Δp_V [kPa]	k_{VS} , vypočtené [m ³ /h]	$k_{VS, skut}$ [m ³ /h]	DN	$\Delta p_{V,skut}$ [kPa]	P_V [-]
O1+O2	2839	0,281	0,656	35,505	40	50	0,517	0,65
OT _{suterén}	338	0,389	0,906	3,600	4	20	0,735	0,65
VZT	152	0,385	0,898	1,624	1,63	15	0,893	0,70

10. MĚŘENÍ TEPLA

Protože se jedná o bytový dům, tak je potřeba rozpočítat cenu za vytápění mezi jednotlivé zúčtovací jednotky. V dřívějších dobách se rozúčtování provádělo podle podlahové plochy jednotlivých bytů, což ovšem nenutilo uživatele k úsporám. V dnešních dobách se používají měřiče tepla, pomocí kterých uživatelé platí za spotřebovanou energii, pomínu-li pevnou a naměřenou složku při rozúčtování.

Způsob rozúčtování pro bytové domy se dá rozdělit na dva způsoby:

- **Měření pomocí kalorimetrických měřičů tepla**

Tyto měřiče se umísťují zpravidla tam, kde je odběr zajištěn pouze z jednoho stoupacího potrubí. Existují tři druhy měřičů:

- Kapslový – Tento měřič se sestává z počítadla, průtokoměru a teplotních čidel. Používá se u menších průtoků. Funguje na principu lopatkového kola, které se otáčí v závislosti na průtoku.
- Kompaktní – Stejně jako kapslový se sestává z počítadla, průtokoměru a teplotních čidel. Používá se u velkých průtoků. Princip je takový, že otopná voda roztočí vrtulku a pomocí elektromagnetického převodníku předá signál průtokoměru.
- Ultrazvukový – Počítadlo, průtokoměr, teplotní čidla jsou součástí jednoho přístroje. Pracuje na principu ultrazvuku. Výhodou tohoto průtokoměru je nízká tlaková ztráta. Nevýhodou je cena průtokoměru.

- **Indikace pomocí elektrických indikátorů topných nákladů**

Tento způsob je využíván především tam, kde je v jednom bytě více stoupacích potrubí, ze kterých se odebírá otopná voda. Kdyby se do takového bytu instalovaly kompaktní měřiče, výrazně by to zvýšilo investiční náklady. Indikátory jsou instalovány přímo na otopná tělesa a jejich funkce je indikovat střední povrchovou teplotu tělesa v čase. Hodnoty naměřených dat se mezi jednotlivými indikátory porovnávají a rozúčtování pak probíhá podle vyhlášky č. 269/2015 Sb. (Vyhláška o rozúčtování nákladů na vytápění a společnou přípravu teplé vody pro dům).

Nevýhodou tohoto systému je, že kontrola (odečet) naměřených hodnot se provádí na více místech (u každého otopného tělesa). V dnešní době už ovšem existují a čím dál více se používají

indikátory s radiovým odečtem s jednosměrnou nebo obousměrnou komunikací. Výhoda tohoto systému je, že se data odesílají do místa vyhodnocení.

Další nevýhodou indikátorů je, že jsou napájeny baterií, která se občas musí vyměnit. Hlavní nevýhodou ovšem je, že se nejedná o měření odebraného tepla, ale pouze o indikační pomůcku pro trochu objektivnější rozúčtování nákladů na vytápění.

U daného objektu jsem zvolil měření pomocí ultrazvukových měřičů tepla společnosti Techem (příloha P30), které jsou umístěny ve světlíku. Měřič pro suterén je v technické místnosti.

11. PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY

Teplá voda je určena k mytí, koupání, praní a umývání. Není určena pro pití nebo vaření. Pro přípravu teplé vody se používají buď přímo ohřívané nebo nepřímě ohřívané zásobníky teplé vody. Nepřímě ohřívané zásobníky nemají hořáky. Teplo je do zásobníku dodáváno ze zdroje tepla, který není součástí zásobníku. Ve většině případu to bývá společný zdroj tepla určený jak pro ohřev otopné vody, tak pro ohřev teplé vody. Přímě ohřívané zásobníky mají hořáky a teplo potřebné pro ohřev vody vzniká spalováním plynného paliva přímě v zásobníku. Existují dva typy hořáků – atmosferické a přetlakové. Atmosferické si nasávají spalovací vzduch přímě z místnosti, kde je zdroj umístěn. Jedná o plynový spotřebič typu B a je tedy nutné zajistit přívod spalovacího vzduchu do místnosti. Přívod spalovacího vzduchu u zásobníků s přetlakovými hořáky je zajištěn z venkovního prostředí. V tomto případě se jedná o plynový spotřebič kategorie C, u kterého nejsou zvláštní požadavky na přívod vzduchu do místnosti. U přímě ohříváných zásobníků se musí zajistit odvod spalin.

V daném objektu je zvolen přímě ohříváný zásobník s přetlakovými hořáky. Přímě ohříváný zásobník jsem volil z toho důvodu, že v letním provozu (kdy není potřeba ohřevu otopné vody) by se kondenzační kotel, určený jak pro ohřev otopné vody, tak pro ohřev teplé vody, nedostal do kondenzačního režimu. Spalovací proces by tedy nebyl efektivní.

Velikost přímě ohříváného zásobníku bude navržena v dalších podkapitolách.

11.1. Stanovení potřeby tepla

Pro stanovení objemu zásobníku a výpočet výkonu potřebného k ohřátí teplé vody je nutné nejprve určit kolik teplé vody je potřeba. V bytech 2 + KK se počítá, že zde žijí dvě osoby a v bytech 4 + KK je počítáno se čtyřmi lidmi. Podle normy ČSN EN 15316-3-1 se v bytových domech počítá 40 litrů na osobu na den. V suterénu je stanovení potřeby teplé vody složitější. V normě není přímě uvedeno, kolik teplé vody je potřeba u provozních prostor, mezi které se řadí bary. Protože se v provozu nebude vařit, tak ho nemůžeme definovat jako restauraci. Norma však udává potřebu vody pro kavárny. Ta je v rozmezí od 20 do 30 litrů na jedno místo k sezení. Výpočtová maximální obsazenost baru je 25 osob.

Tab. 16 Hodnoty pro určení potřeby teplé vody

Počet osob v bytech	24	-
Počet osob v baru	25	-
Ztráty vedením	0,3	-
Součinitel současnosti odběru	0,75	-
θ_{SV}	10	°C
θ_{TV}	55	°C
$\Delta\theta$	45	K
Potřeba TV $V_{2p\ os}$ v bytech	0,04	m ³ /os _{den}
Potřeba TV $V_{2p\ os}$ v suterénu	0,02	m ³ /os _{den}
c	4187	J/kgK
$\rho_{\Delta tmax}$	989,97	kg/m ³

Celková potřeba teplé vody za den je

$$V_{2p} = V_{2p\ os} \cdot n = (0,04 \cdot 24) + (0,02 \cdot 25) = 1,46 \frac{m^3}{den} \quad (10-1)$$

Teplo pro ohřev vody se určí

$$\begin{aligned} Q_{2t} &= \frac{V_{2p} \cdot c_p \cdot \rho_{\Delta tmax} \cdot (\theta_{TV} - \theta_{SV})}{3600 \cdot 1000} \cdot s \\ &= \frac{1,46 \cdot 4187 \cdot 989,97 \cdot (55 - 10)}{3600 \cdot 1000} \cdot 0,75 = 56,73 \frac{kWh}{den}, \end{aligned} \quad (10-2)$$

kde

s je součinitel současnosti odběru [-].

Teplo pro ohřev vody Q_{2t} je pouze teoretické, nezahrnuje ztráty v rozvodech a při distribuci. Proto se musí vynásobit ztrátovým součinitelem

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z = 56,73 \cdot 0,3 = 17,02 \frac{kWh}{den} \quad (10-3)$$

Teplo odebírané z ohřívače se určí

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} = 56,73 + 17,02 = 73,76 \frac{kWh}{den} \quad (10-4)$$

11.2. Křivka odběru a dodávky teplé vody

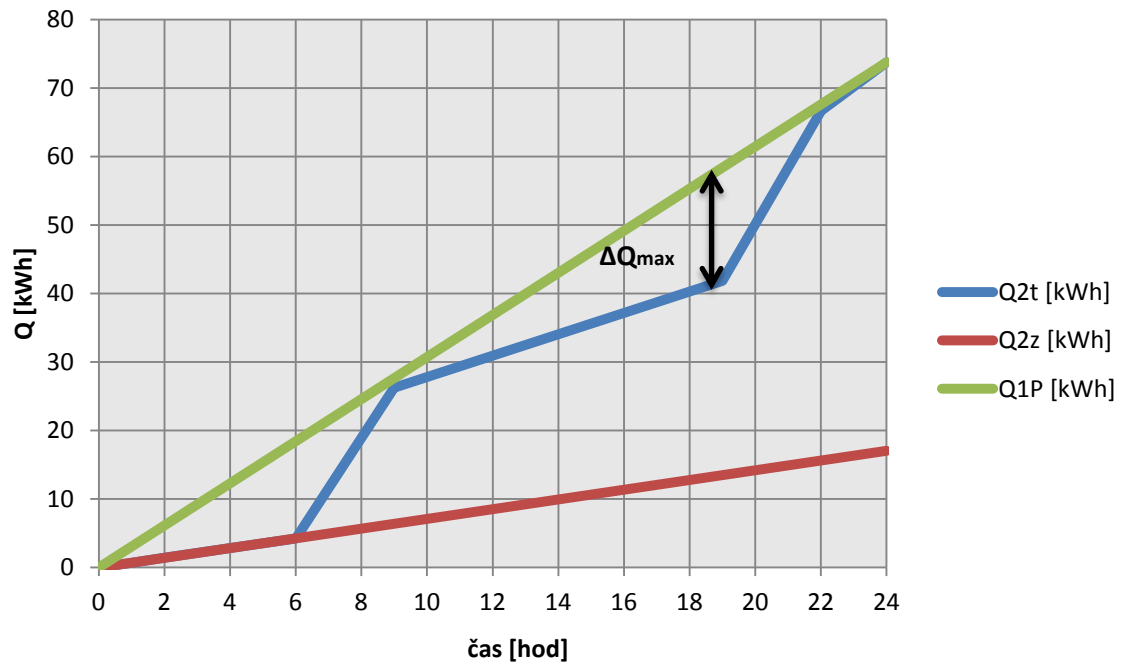
Odběr teplé vody se mění se závislostí na denní hodině, proto je stanoven procentuální odběr teplé vody v určitém rozmezí dne. Toto rozmezí udává norma ČSN EN 15 316-3.

Tab. 17 Odběr teplé vody v závislosti na denní hodině dle ČSN EN 15 316-3

číslo	časový úsek	počet hodin	poměrný odběr
[-]	[hod]	[hod]	[%]
0	0-6	6	0%
1	6-9	3	35%
2	9-19	10	15%
3	19-22	3	40%
4	22-24	2	10%
5	0-24	24	100%

Křivka odběru tepla udává závislost odběru tepla na čase.

Křivka odběru a dodávky TV



Obr. 27 Křivka odběru a dodávky teplé vody pro daný objekt

ΔQ_{max} udává maximální rozdíl tepla mezi dodávkou tepla a potřebou tepla

$$\Delta Q_{max} = 58,38 - 41,84 = 16,55 \text{ kWh.} \quad (10-5)$$

11.3. Zdroj tepla na ohřev teplé vody

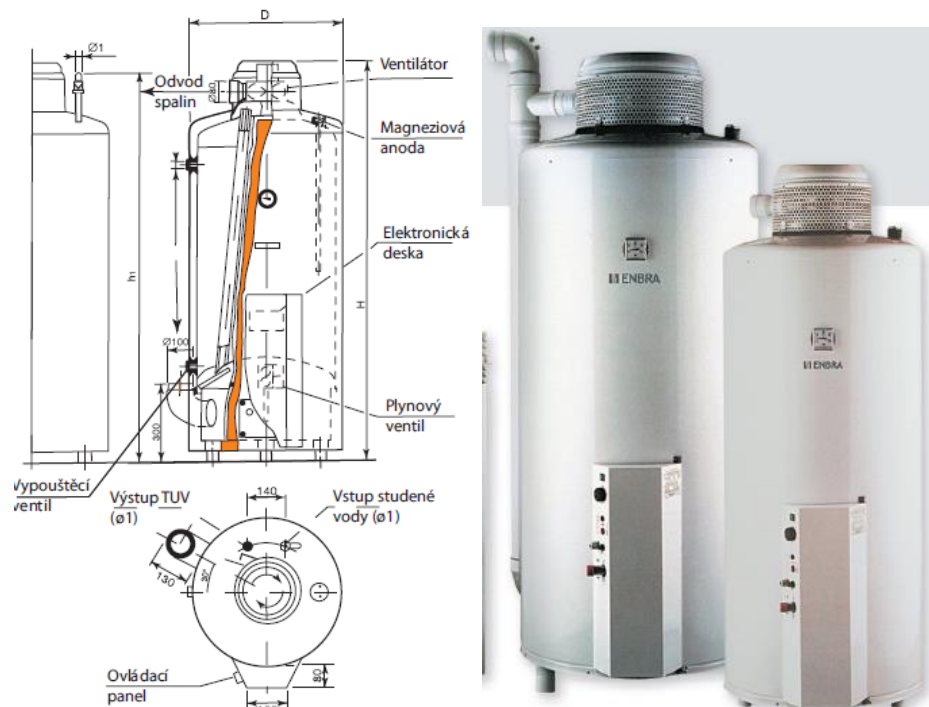
Zdroj pro ohřev se určí podle potřebného objemu zásobníku a výkonu. Objem zásobníku se vypočte

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max} \cdot 3,6 \cdot 10^6}{\rho_{\Delta t_{max}} \cdot c_p \cdot (\theta_{TV} - \theta_{SV})} = \frac{16,55 \cdot 3,6 \cdot 10^6}{989,97 \cdot 4187 \cdot (55 - 10)} = 0,319 \text{ m}^3 \rightarrow 319 \text{ l.} \quad (10-6)$$

Tepelný výkon zdroje potřebný pro ohřev vody je

$$P_z = \frac{Q_{2p}}{\tau} = \frac{73,76}{24} = 3,07 \text{ kW.} \quad (10-7)$$

Podle vypočtených hodnot je navrhnout zásobník od firmy Enbra výrobní řada BGM CS s přetlakovými hořáky o objemu 400 l, příkonu 23,2 kW, špičkovém výkonu 800 litrů za 10 minut a stálém výkonu 378 l/h. Katalogový list zásobníku je uveden v příloze P14.



Obr. 28 Schéma přímo ohřivaného zásobníku teplé vody [P14]

Aby nedocházelo ke ztrátám v potrubní síti, tak budou rozvody teplé užitkové vody opatřeny izolací.

Pokud nastane delší časový úsek bez odběru teplé vody, voda v rozvodech chladne. Aby nenastala situace, že voda nebude na odběrných místech dostatečně teplá, zavádí se buď cirkulace vody nebo se tento problém dá řešit pomocí elektrických topných kabelů, které se instalují na potrubí. Jelikož šachta určená pro inženýrské sítě má poměrně malé rozměry a povedou v ní rozvody otopné, teplé a studené vody, vzduchovodní potrubí pro odvod vzduchu z koupelen a kanalizace, tak zde už není dostatek místa na cirkulační potrubí. Z tohoto důvodu zde budou instalovány elektrické topné kabely. Ty se vyznačují příznivou charakteristikou odběru, kdy s rostoucí teplotou potrubí příkon klesá až k nule.

12.SPALINOVÁ CESTA

V kotelně jsou umístěny dva plynové spotřebiče typu C, kotel a přímo ohříváný zásobník teplé vody. Každý spotřebič bude mít samostatný odvod spalin a koncentrický přívod spalovacího vzduchu. Koncentrický přívod znamená, že odvod spalin a přívod vzduchu je zajištěn soustřednou trubkou. Vnitřní trubkou budou odváděny spaliny a v mezikruží bude přívod spalovacího vzduchu.

Kotel má přípojku spalin o průměru 100 mm a přípojku na přívod spalovacího vzduchu o průměru 150 mm. Zásobník má odvod spalin trubkou o průměru 60 mm a přívod vzduchu je zajištěn trubkou o průměru 100 mm.

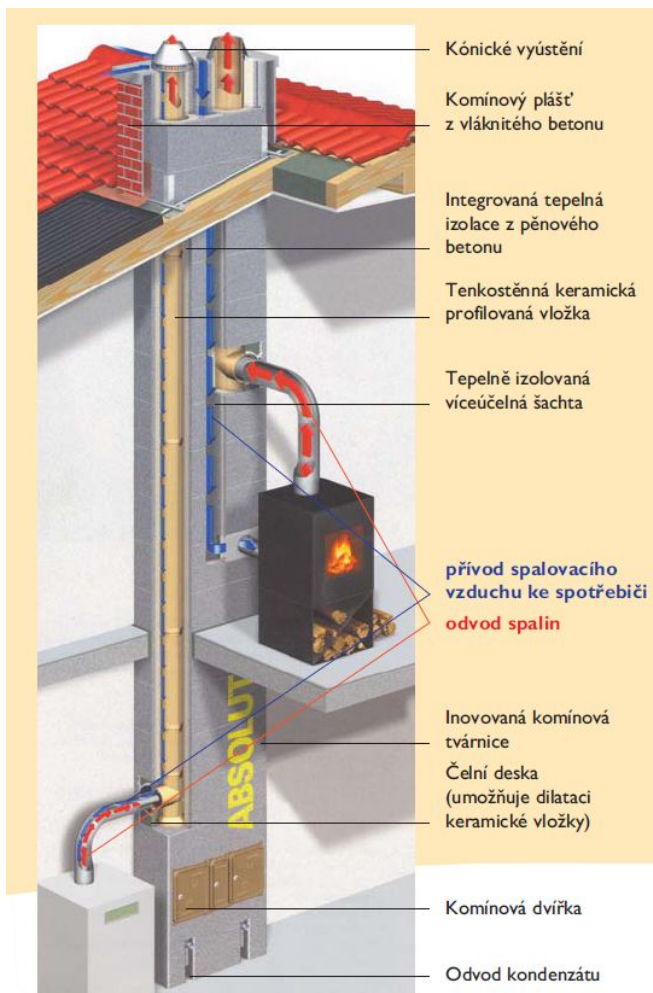
Takovéto zapojení umožňuje systém Absolut od firmy Schiedl. Komín se skládá z vnitřní komínové vložky, izolace, komínového pláště s opláštěním komína. Jako opláštění slouží v tomto provedení sendvičová tvárnice s integrovanou izolací.

Aby byl zajištěn odtok kondenzátu v horizontálních částech kouřovodu, tak je kouřovod spádován minimálně 3 % směrem ke spotřebiči. Na obr. 29 je schéma připojení spotřebičů ke komínu.

Protože kouřovod a komín mají jiné průměry (komín s průměrem 100 mm se v provedení Absolut nevyrobí), musí se propojit speciálními vložkami.

Podle normy ČSN 73 4201 musí být vyústění komínu u šikmých střech u přetlakových systémů ve vzdálenosti minimálně 500 mm kolmo od střechy.

Dále je nutné, aby měl komín revizní otvor, který bude sloužit k čištění a revizi komína. Tento otvor se také využije při tlakové zkoušce, která se provádí z důvodu zjištění těsnosti.



Obr. 29 Schéma komínu [27]

13.POTŘEBA TEPLA A PALIVA PRO VYTÁPĚNÍ A PŘÍPRAVU TEPLÉ VODY

Pro investora je důležitým faktorem nejen pořizovací cena, ale také provoz daného systému. Proto je v této práci proveden výpočet potřeby paliva, ze kterého se určí cena provozování systému za určitý časový úsek.

Pro stanovení potřeby paliva je nejprve nutné stanovit potřebu tepla. Výpočet potřeby tepla se u vytápění a přípravy teplé vody liší.

13.1. Potřeba tepla pro vytápění

Potřeba tepla pro vytápění se dá počítat dvěma způsoby, dennostupňovou metodou nebo podle normy ČSN EN ISO 13 790. Hlavním rozdílem těchto dvou metod výpočtu je, že norma ČSN EN ISO 13 790 započítává i vnitřní a vnější tepelné zisky v budově. Výpočet vnitřních tepelných zisků je dán normovanými hodnotami (např. metabolické teplo od obyvatel), které nemusí odpovídat reálným hodnotám. Proto je v této práci použita dennostupňová metoda.

U vytápění se potřeba tepla většinou určuje za jedno otopné období. Podle zdroje [9] je pro Prahu délka otopného období 225 dnů v roce. Teoretická potřeba tepla pro vytápění se vypočítá ze vztahu

$$Q_d = 24 \cdot 3600 \cdot \Phi_c \cdot \frac{d \cdot (\theta_{i,s} - \theta_{e,s})}{(\theta_{i,s} - \theta_e)} \cdot e_i \cdot e_t \cdot e_d \quad (11-1)$$

$$= 24 \cdot 3600 \cdot 38325 \cdot \frac{225 \cdot (20,25 - 4,3)}{(19 - (-12))} \cdot 0,8 \cdot 0,95 \cdot 1 = 2,8 \cdot 10^{11} J = 280 GJ,$$

kde:

$\theta_{i,s}$ je průměrná vnitřní teplota objektu. Vypočte se jako suma objemů místností násobena vnitřními výpočtovými teplotami místností ku součtu objemů místností $\theta_{i,s} = \frac{\sum V_m \cdot \theta_i}{\sum V_m}$.

$\theta_{e,s}$ je průměrná teplota za otopné období, pro Prahu je podle zdroje [9] rovna 4,3 °C.

θ_e je venkovní výpočtová teplota [°C].

e_i je opravný součinitel na nesoučasnost tepelné ztráty větráním a prostupem. Pro bytové domy se volí 0,8 [-].

e_t je opravný součinitel na snížení vnitřní teploty při přerušení vytápění. Pro bytové domy s nepřerušovaným vytápěním se volí 0,95 [-].

e_d je opravný součinitel na zkrácení doby provozu. Poněvadž se jedná o trvale vytápěnou budovu, tak je $e_d = 1$ [-].

Skutečná potřeba tepla vychází z teoretické potřeby. U skutečné potřeby tepla se ale musí vzít v úvahu účinnost kotle, ztráty v rozvodech a účinnost obsluhy

$$Q_{d,skut} = \frac{Q_d}{\eta_K \cdot \eta_R \cdot \eta_O} = \frac{280}{0,98 \cdot 0,96 \cdot 0,98} = 304 \text{ GJ}. \quad (11-2)$$

Účinnost kotle udává výrobce a je uvedena v kapitole 7.

Účinnost rozvodů tepelné energie je závislá na izolaci a teplotě míst, kudy rozvody vedou. Volí se v rozmezí 95-98 %. Protože se jedná o novostavbu s dobrými tepelně-technickými vlastnostmi a novou izolací, tak je zde zvolena účinnost 98 %.

U kotlů na plynná paliva se účinnost obsluhy pohybuje ve vysokých hodnotách až 99 %. V této práci jsem zvolil 98 %, neboť jde o využití ekvitermní regulace u plynového kondenzačního kotle.

13.2. Potřeba tepla pro přípravu teplé vody

Výpočet potřeby tepla dodaného ohřivačem teplé vodě je popsán v kapitole 9.

$$Q_{TV,den} = Q_{2p} = 73,76 \text{ kWh} = 266 \text{ MJ}. \quad (11-3)$$

Teoretická potřeba tepla pro přípravu teplé vody vychází

$$Q_{TV,teor} = Q_{TV,den} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TV,den} \cdot \frac{\theta_{TV} - \theta_{SV,léto}}{\theta_{TV} - \theta_{SV,zima}} \cdot (N - d) = \quad (11-4)$$

$$266 \cdot 225 + 0,8 \cdot \frac{55-15}{55-5} \cdot (365 - 225) = 83 \text{ 532 MJ} = 83,5 \text{ GJ},$$

kde

d je počet dnů otopného období [-];

θ_{TV} je teplota teplé vody [°C];

$\theta_{SV,léto}$ je teplota studené vody v létě [°C];

$\theta_{SV,zima}$ je teplota studené vody v zimě [°C];

N je počet dní, kdy je soustava v provozu [-].

13.3. Výpočet roční potřeby paliva

Roční potřeba paliva na vytápění a ohřev teplé vody se určí ze součtu potřeby tepla lomené výhřevností paliva.

$$U_{VYT+TV} = \frac{Q_{d,skut} + Q_{TV,teor}}{H_U} = \frac{(304 + 83,5) \cdot 10^3}{35,87} = 10\,797 \text{ m}^3, \quad (11-5)$$

kde

H_U je výhřevnost paliva. Pro Tranzitní zemní plyn je výhřevnost 35,87 kJ/m³.

Přepočet roční potřeby paliva z kubických metrů na kilowatthodiny se provádí pomocí přibližného přepočtového vztahu 1 m³ = 10,55 kWh. [27]

V tomto případě tedy bude $U_{VYT+TV} = 113\,905 \text{ kWh}$.

Výpočet ceny za roční potřebu paliva se určí na základě vztahů uvedených prodejcem paliva. V tomto případě je prodejce Pražská plynárenská a.s. V příloze P22 je uveden postup výpočtu daný prodejcem.

Denní přidělená (rezervovaná) pevná kapacita v daném odběrném místě, určená pro odběrná místa s ročním odběrem do 630 MWh, se určí podle vzorce

$$RK = \frac{RS}{115} = \frac{10\,737}{115} = 93,88 \text{ m}^3, \quad (11-6)$$

kde

RS je roční odběr v daném odběrném místě v [m³].

Měsíční platba za kapacitní složku ceny se určí podle vzorce:

$$MP_{kap} = C_{kap} \cdot \frac{RK}{12} = 268,98 \cdot \frac{93,88}{12} = 2104 \frac{\text{Kč}}{\text{měs}}, \quad (11-7)$$

kde

C_{kap} je kapacitní složka ceny. Tuto složku udává výrobce a je uvedena v příloze P22. Cena je uvedena včetně DPH.

Celkové konečné ceny		
Součet cen za odebrané množství ZP	Součet cen za kapacitu	Součet cen za stálý měsíční plat
Kč/MWh	Kč/tis.m ³	Kč/měsíc
9	10	11
919,55	222 297,76	x
(1 112,66)	(268 980,29)	
989,63	x	353,63
(1 197,45)		(427,89)
998,59	x	320,02
(1 208,29)		(387,22)
998,59	x	310,02
(1 208,29)		(375,12)
1 037,63	x	228,68
(1 255,53)		(276,70)
1 047,90	x	215,85
(1 267,96)		(261,18)
1 161,17	x	149,66
(1 405,02)		(181,09)
1 378,23	x	113,57
(1 667,66)		(137,42)

Obr. 30 Ceník Pražské plynárenské a.s. [P22]

Celková roční platba za zemní plyn se určí

$$C = MP_{kap} \cdot 12 + C_{spotř} = 2104 \cdot 12 + 1,853 \cdot 10797 = 151\,990 \frac{\text{Kč}}{\text{rok}} \quad (11-8)$$

Předpokládaná cena za palivo spotřebované za jeden rok pro účely vytápění, ohřevu teplé vody a ohřevu vzduchu pro vzduchotechnickou jednotku tedy činí 151 990 Kč.

14. ZÁVĚR

Cílem práce bylo vypracovat studii vytápění daného činžovního domu. V první fázi jsou zvoleny materiály konstrukce, ze kterých je dům postaven, a jsou stanoveny jejich tepelně-technické vlastnosti. Dále jsou tyto vlastnosti posuzovány podle normy ČSN 73 0540-2. Následuje výpočet tepelných ztrát. Celková hodnota navrhované tepelné ztráty vyšla 38,3 kW. K pokrytí této ztráty byl navržen převážně konvenční způsob vytápění otopnými tělesy. Celkový instalovaný výkon otopných těles činí 55,4 kW.

Pro rozvody otopné vody byla navržena dvoutrubková protiproudá otopná soustava. Vzhledem k dispozicím budovy byly rozvody rozděleny na čtyři otopné okruhy, které mají svá oběhová čerpadla. Hydraulické vyvážení se na jednotlivých otopných okruzích řešilo pomocí vyvažovacích ventilů.

Jako zdroj tepla pro otopnou soustavu byl zvolen stacionární kondenzační kotel fy. Viessmann o výkonovém rozsahu 12 až 60 kW. Umístění zdroje tepla je v technické místnosti.

Dále se práce zabývala větráním suterénu, ve kterém je bar s kulečnickovými stoly. Zde byl navrhnout vzduchový systém, jehož zdrojem je vzduchotechnická jednotka fy. Atrea. Chladicí výkon potřebný pro klimatizaci v suterénu v létě se rovná 6,4 kW. Tepelný výkon potřebný pro pokrytí tepelné ztráty větráním v zimním období je 2,65 kW. Takto nízký výkon vyšel hlavně z důvodu použití zpětného získávání tepla.

Následující část práce se zabývá návrhem zdroje tepla pro ohřev teplé vody. Potřebný tepelný výkon pro ohřev je 3,07 kW. Jako zdroj byl navrhnout přímo ohříváný zásobník teplé vody fy. Enbra o objemu 400 litrů.

Poslední část práce se zabývá potřebou tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. Výsledná potřeba pro vytápění vyšla 304 GJ a pro teplou vodu 83,5 GJ. Z toho vychází celková roční potřeba paliva 10 797 m³ zemního plynu. Na závěr je spočítána předpokládaná cena paliva za rok, která činí 151 990 Kč.

Návrh systémů pro úpravu vnitřního prostředí byl proveden s ohledem na provozní a celkové náklady. V dnešní době je trendem šetřit na provozních nákladech a naopak si připlatit v těch celkových. Tato tendence je zajisté správná, měla by se ovšem zohledňovat i životnost systému. Další otázkou zůstává, jak je provoz a celý proces instalace a výroby ekologický. Hlavním cílem navrhování technických zařízení v budovách by ovšem nemělo být snížení provozních nákladů ani ekologičnost systému, ale tepelná pohoda uživatelů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:

- [1] BAŠTA, Jiří a KABERLE Karel. *Otopné soustavy teplovodní*. 3. přeprac. vyd. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2008. ISBN 8002020642.
- [2] BAŠTA, Jiří. *Otopné plochy: Otopná tělesa*. 2. přeprac. vydání. Praha: ČVUT, 2016. ISBN 978-80-01-05943-2.
- [3] BAŠTA, Jiří. *Regulace v technice prostředí staveb*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2014. ISBN 9788001054550.
- [4] SKOČÍK, Lukáš. *Návrh otopné soustavy s tepelným čerpadlem vzduch-voda v kombinaci s bivalentním zdrojem tepla*. Brno, 2015. Diplomová práce. VUT, Brno. Vedoucí práce Jaroslav Katolický.
- [5] KUTHANOVÁ, Lucie. *Vytápění bytového domu*. Praha, 2012. Bakalářská práce. ČVUT. Vedoucí práce Jiří Bašta.
- [6] Součinitel prostupu tepla a součinitel spárové průvzdušnosti oken a dveří dle ČSN 73 0540-3. *TZB-info.cz* [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/32-soucinitel-prostupu-tepla-a-soucinitel-sparove-pruvzdušnosti-oken-a-dveri-dle-csn-73-0540>
- [7] Katalog stavebních materiálů. *TZB-info.cz* [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: http://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068_katalog.html#nahoru
- [8] ŠPIDLA, Luděk. *Studie vytápění bytového domu*. Praha, 2017. Diplomová práce. ČVUT. Vedoucí práce Jiří Bašta
- [9] Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit. *TZB-info.cz* [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>
- [10] ŠTEFAN, David. *Hydraulické ztráty v potrubí*. Brno, 2009. Bakalářská práce. VUT. Vedoucí práce Pavel Rudolf.
- [11] ŠPANIHELOVÁ, Kateřina. *Návrh otopné soustavy vzduch-voda a zdrojem na tuhá paliva pro vytápění rodného domu*. Brno, 2014. Diplomová práce. VUT. Vedoucí práce Jaroslav Katolický.

- [12] *Postup při výpočtu teplovodní dvoutrubkové otopné soustavy* [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/91/5_otopne-soustavy/dimenzovani_dvoutrubky.pdf
- [13] Firemní projekční podklady – Korado a. s. Dostupné z: <https://www.korado.cz/produkty/radik/vseobecne-udaje/dvoutrubkova-otopna-soustava.html>
- [14] Otopné plochy - úvod do problematiky. *TZB-info.cz* [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/otopne-plochy/3052-otopne-plochy-uvod-do-problematiky>
- [15] PAVLÍČEK, Michal. *Návrh vytápění rodinného domu*. Brno, 2012. Bakalářská práce. VUT. Vedoucí práce Michaela Zárybnická.
- [16] Firemní projekční podklady – Korado a. s. Dostupné z: http://rc.korado.cz/soubory/14-150204_radikrc_katalog_cz_web.pdf
- [17] *Moody Diagram* [online]. [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://auworkshop.autodesk.com/library/fluid-dynamics-lemaster/moody-diagram>
- [18] Otopné plochy (II) - Druhy otopných těles. *TZB-info.cz* [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/otopne-plochy/3064-otopne-plochy-ii-druhy-otopnych-teles>
- [19] Co má vědět uživatel o termostatických radiátorových ventilech? *TZB.info.cz* [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/3527-co-ma-vedet-uzivatel-o-termostatickych-radiatorovych-ventilech>
- [20] Potřeba vody a tepla pro přípravu teplé vody. *TZB.info.cz* [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/6839-potreba-vody-a-tepla-pro-pripravu-teple-vody>
- [21] HRUBÍ, Jakub. *Nízkoteplotní vytápění*. Brno, 2013. Diplomová práce. VUT. Vedoucí práce Jiří Hejčík.
- [22] Měření oxidu uhličitého v budovách. *TZB.info.cz* [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/5827-pracujete-ve-zdravem-prostredi>
- [23] Vnitřní prostředí budov a tepelná pohoda člověka. *TZB.info.cz* [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/2650-vnitri-prostredi-budov-a-tepelna-pohoda-cloveka>

- [24] Produkce tepla a vodní páry od lidí. *TZB.info.cz* [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/61-produkce-tepla-a-vodni-pary-od-lidi>
- [25] Hodnoty součinitelů místních ztrát - zdroje tepla a základní tvarovky potrubí. *TZB.info.cz* [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/21-hodnoty-soucinitelu-mistnich-ztrat-zdroje-tepla-a-zakladni-tvarovky-potrubu>
- [26] Přepočet spotřeby plynu z m³ na kWh. *Ceny energie.cz* [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <http://www.cenyenergie.cz/prepocet-spotreby-plynu-z-m3-na-kwh/#/promo-ele>
- [27] Firemní projekční podklady – Schidel s.r.o. Dostupné z: <https://www.schidel.com/cz/produkty/keramicke-kominove-systemy/absolut/>
- [28] Návrh expanzní nádoby. *TZB.info.cz* [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/1156-navrh-expanzni-nadoby>

Seznam použitých norem, vyhlášek, TPG:

- ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. Praha: UNMZ, 2005.
- ČSN EN ISO 6946. *Stavební prvky a stavební konstrukce - Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla - Výpočtová metoda*. Praha: UNMZ, 2008.
- ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov. Část 3: Výpočtové hodnoty veličin pro navrhování a ověřování*. Praha: UNMZ, 2005.
- ČSN EN ISO 13370. *Tepelné chování budov - Přenos tepla zeminou - Výpočtové metody*. Praha: UNMZ, 2009.
- ČSN EN ISO 10077-1. *Tepelné chování oken, dveří a okenic - Výpočet součinitele prostupu tepla - Část 1: Všeobecně*. Praha: UNMZ, 2007.
- ČSN 06 0210. *Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění*. Praha: UNMZ, 1994.
- ČSN EN 15665. *Větrání budov - Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov*. Praha: UNMZ, 2009.
- ČSN 73 0548. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. Praha: UNMZ, 1986.
- ČSN 07 0703. *Kotelny se zařízeními na plynná paliva*. Praha: UNMZ, 2005.

- TPG 908 02. *Větrání prostorů se spotřebiči na plynná paliva s celkovým výkonem větším než 100 kW*. Praha, 2001
- ČSN 06 0830. *Tepelné soustavy v budovách - Zabezpečovací zařízení*. Praha: UNMZ, 2014.
- ČSN EN 15316-1. *Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinnosti soustavy - Část 1: Všeobecné požadavky*. Praha: UNMZ, 2010.
- ČSN 73 4201. *Komíny a kouřovody - Navrhování, provádění a připojování spotřebičů paliv*. Praha: UNMZ, 2010.
- ČSN EN ISO 13790. *Energetická náročnost budov - Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení*. Praha: UNMZ, 2009.
- Vyhláška o rozúčtování nákladů na vytápění a společnou přípravu teplé vody pro dům. In: *Sbírka zákonů*. Praha: Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2015, ročník 15, číslo 269.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Půdorys patra s bytovými jednotkami	14
Obr. 2 Půdorys suterénu	14
Obr. 3 Proudění vzduchu v uzavřeném prostoru, vytápěném otopným tělesem [2]	24
Obr. 4 Moodyho diagram [17].....	29
Obr. 5 Schéma připojení kotle na jednotlivé okruhy	31
Obr. 6 Stupeň přednastavení termostatického ventilu [13]	33
Obr. 7 Schéma TRV [P24]	33
Obr. 8 Návrhový monogram TRV [13].....	33
Obr. 9 Vyvažovací ventil STAD [P10]	36
Obr. 10 Charakteristika čerpadla pro okruh vytápějící suterén [P25]	38
Obr. 11 Charakteristika čerpadla MAGNA 25-60 [P26].....	38
Obr. 12 Charakteristika oběhového čerpadla na okruhu k ohříváči VZT jednotky [P27].....	39
Obr. 13 Charakteristika oběhové ho čerpadla pro okruh od kotle k rozdělovači [P28]	39
Obr. 14 h-x diagram pro letní provoz	45
Obr. 15 Bilance rotačního výměníku.....	46
Obr. 16 h-x diagram pro zimní provoz	48
Obr. 17 Nastavení anemostatů [P16].....	49
Obr. 18 Úseky na přívodní a odvodní potrubní síti	50
Obr. 19 Charakteristiky ventilátoru pro přívod vzduchu.....	52
Obr. 20 Charakteristiky pro ventilátor na odvod vzduchu	52
Obr. 21 Schéma zapojení ohříváče	53
Obr. 22 Charakteristika ohříváče.....	53
Obr. 23 Schéma zapojení chladiče	53
Obr. 24 Charakteristika chladiče	53
Obr. 25 Schéma kotle Viessmann Vitocrossal 300 CU3 [P11].....	54
Obr. 26 Obslužná jednotka Vitotronic 200 KW6B [P29]	60
Obr. 27 Křivka odběru a dodávky teplé vody pro daný objekt	66
Obr. 28 Schéma přímo ohřivaného zásobníku teplé vody [P14].....	67
Obr. 29 Schéma komínu [27]	69
Obr. 30 Ceník Pražské plynárenské a.s. [P22]	73

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Poloha budovy	13
Tab. 2 Porovnání součinitele prostupu tepla s normou ČSN 73 0540-2	18
Tab. 3 Ukázka výpočtu tepelné ztráty pro danou místnost.....	20
Tab. 4 Výkony otopných těles v 1. NP.....	27
Tab. 5 Nastavení RŠ a TRV v 1NP	35
Tab. 6 Nastavení vyvažovacích ventilů STAD v bytech.....	37
Tab. 7 Vyvážení okruhů 01 a 02 vůči sobě	37
Tab. 8 Vstupní hodnoty pro výpočet vnějších tepelných zisků.....	42
Tab. 9 Výsledky tepelných zisků.....	42
Tab. 10 Podmínky vzduchu ve vnitřním a vnějším prostředí.....	42
Tab. 11 Tlakové ztráty na jednotlivých úsecích.....	51
Tab. 12 Hodnoty ventilátoru přívodního vzduchu.....	51
Tab. 13 Hodnoty ventilátoru na odvod vzduchu	52
Tab. 14 Součinitel zvětšení objemu [28].....	58
Tab. 15 Výsledné hodnoty výpočtů směšovacích armatur	61
Tab. 16 Hodnoty pro určení potřeby teplé vody.....	65
Tab. 17 Odběr teplé vody v závislosti na denní hodině dle ČSN EN 15 316-3	66

SEZNAM ELEKTRONICKÝCH PŘÍLOH

- **Katalogové/technické listy výrobců použitých komponent/zařízení:**

- P1 – Porotherm 44
- P2 – Porotherm 24
- P3 – Porotherm 11,5
- P4 – Izover EPS
- P5 – Porotherm strop
- P6 – Izover katalog
- P7 – Okna Vekra
- P8 – Korado radik VK
- P9 – Regulační šroubení Heimeier
- P10 – Vyvažovací ventil Hydronic
- P11 – Kotel Viessmann
- P12 – Pojistný ventil Meibes
- P13 – Expanzní nádoba Aquafill
- P14 – Zásobník TV Enbra
- P15 – El. ohřívač pro předeřev vzduchu Systemair
- P16 – Anemostat Systemair
- P17 – Talířový ventil Trox
- P18 – Mřížky a vyústky Systemair
- P19 – Požární klapky Mandík
- P20 – Tlumič hluku Systemair
- P21 – VZT jednotka Atrea
- P22 – ceník Pražská plynárenská a.s.
- P23 – MLC trubky Uponor
- P24 – Termostatická regulační hlavice Heimeier
- P25 – Oběhové čerpadlo ALPHA 25-40 130 Grundfos
- P26 – Oběhové čerpadlo MAGNA3 25-60 Grundfos
- P27 – Oběhové čerpadlo UPS 15-14 B PM DE Grundfos
- P28 – Oběhové čerpadlo UPS 30-25 180 Grundfos
- P29 – Řídící jednotka kotle Vitotronic 200 Viessmann

P30 – Ultrazvukový měřič tepla Techem

P31 – Trojcestné směšovací armatury Dunfoss

P32 – Termohydraulický rozdělovač Caleffi

P33 – Sdružený rozdělovač Regulus

P33 – Požární stěnový uzávěr PSUM 90 Mandík

- **Tabulky výpočtů a výsledků**

V1 – Konstrukce budovy, tepelně technické vlastnosti

V2 – Tepelné ztráty

V3 – Výkony otopných těles

V4 – Tlakové ztráty otopné soustavy

V4.1 – Axonometrie otopné soustavy s očíslovanými úseky pro výpočet tlakových ztrát

V5 – Tlakové vyvážení okruhů

V6 – Tlakové ztráty ve vzduchotechnickém potrubí

- **Výpočtové programy**

Výpočty 1 (xls)

Veškeré výpočty použité v této práci (Výpočty součinitelů prostupu tepla, tepelných ztrát, výkonu otopných těles, hydraulické výpočty, tlakové vyvážení soustavy, pojistné a zabezpečovací zařízení, návrh směšovacích armatur, návrh zásobníku TV, potřeba tepla a ceny paliva, návrh nuceného větrání, tlakové ztráty ve VZT potrubí).

Výpočty 2 (xls)

Výpočet tepelných zisků z oslunění v suterénu.

SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE**Název a číslo výkresu:**

Skladby stěn	-	18-TŽP-2017-1 (1:10)
Skladby podlah	-	18-TŽP-2017-2 (1:10)
Suterén – pohled	-	18-TŽP-2017-3 (1:50)
Suterén – rozvody k OT	-	18-TŽP-2017-4 (1:50)
1NP	-	18-TŽP-2017-5 (1:50)
2NP	-	18-TŽP-2017-6 (1:50)
3NP	-	18-TŽP-2017-7 (1:50)
4 NP	-	18-TŽP-2017-8 (1:50)
Rozvinuté schéma	-	18-TŽP-2017-9 (1:50)
VZT suterén	-	18-TŽP-2017-10 (1:50)