



České vysoké učení technické v Praze

Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Klimatizace využívající chlad vstupní vody určené k ohřevu na TV

Using of input warming water cold for air condition

Bakalářská práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Elektrotechnika a management

Vedoucí práce: Ing. Miroslav Vítek, CSc.

Oldřich Sokol

Praha 2020

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Sokol** Jméno: **Oldřich** Osobní číslo: **474662**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Elektrotechnika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Klimatizace využívající chlad vstupní vody určené k ohřevu na TV

Název bakalářské práce anglicky:

Using of input warming water cold for air condition

Pokyny pro vypracování:

1. Popis systému pro ohřev vody a návrh systému klimatizace v bytovém domě
2. Výpočet tepelné bilance výměníku pro ochlazování vzduchu a předehřevu vody
3. Investiční a provozní výdaje systému s posouzením efektivnosti oproti dosavadnímu stavu, resp. standardní klimatizaci spotřebovávající elektřinu

Seznam doporučené literatury:

Dvořák Z.: Chladicí technika. SNTL, Praha, 1971.
Cihlár J.: Technická zařízení budov - C : Vzduchotechnika. Přednášky. Větrání, klimatizace, chlazení a regulace. Skriptum VUT, Bmo, 1987

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Miroslav Vítek, CSc., 13116

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

Datum zadání bakalářské práce: **21.01.2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **22.05.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2021**

Ing. Miroslav Vítek, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Praha, 16. 5. 2020

Oldřich Sokol

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá možností klimatizace bytů v obytném pomoci studené vody z vodovodu, která je určena k ohřevu na teplou vodu v domovní kotelně. Hlavním cílem bylo zjistit ekonomickou efektivnost klimatizace. Projekt dále zjišťuje požadavky na systém chlazení i jak velkou část bytů lze tímto způsobem chladit. Jako hlavní parametry jsou uvažovány velikost bytů a kondenzace vodní páry.

Abstract

This thesis objective is to economically analyze possible project in apartment building of flat air condition by cold water which is intended to be heated inhouse. Secondary objective and pre-objective to the primary objective is to analyze possibilities of the construction of the system.

Klíčová slova

klimatizace, teplá voda, studená voda, RCF, vnitřní výnosové procento, kondenzace

Key words

air condition, warm water, cold water, RCF, internal rate of return, condensation

Obsah

Prohlášení.....	3
Abstrakt	4
Absctract.....	4
Klíčová slova	4
Key words	4
Seznam obrázků	7
Seznam tabulek	7
1 Úvod	8
2 Budova.....	8
3 Teorie.....	9
3.1 Plán soustavy	9
3.2 Tepelná bilance přenosu tepla	11
3.2.1 Výměna tepla v souproudém výměníku.....	13
3.2.2 Výměna tepla v protiproudém výměníku.....	14
3.2.3 Kondenzace vodní páry	14
3.3 Ekonomický přínos	17
4 Početně.....	18
4.1 Rozmístění bytů.....	18
4.2 Vodní hospodářství.....	19
4.3 Výkon radiátoru.....	20
4.4 Rozsah nové klimatizace.....	25
4.5 Ekonomický přínos	26
4.5.1 Radiátor	27
4.5.2 Potrubí.....	27
4.5.3 Ventilátory.....	29
4.5.4 Diskont.....	30
4.5.5 Celkové náklady.....	31
4.5.6 Úspora plynu	33

4.5.7 Úspora elektřiny	34
4.5.8 Náhrada elektrické klimatizace	34
4.5.9 Celkové úspory	35
4.5.10 Celková výnosnost projektu	35
5 Závěr	36
6 Bibliografie.....	38
Seznam příloh.....	42

Seznam obrázků

Obrázek 1: Umístění obytného domu (vyznačen červeně) v ulici Zázvorkova (upraveno) (1).....	8
Obrázek 2: Jihozápadní fasáda se zakresleným potrubím pro skupinu 3 (podle kapitoly 4.1)	9
Obrázek 3: Horizontální umístění tepelného výměníku (pohled zešikma zespodu): růžová = tepelný výměník, modrá a červená = potrubí studené a teplé vody, bílá = ventilátor, světle modrá = okno ...	11
Obrázek 4: Průběh tepla v souproutém chladiči (upraveno) (4)	13
Obrázek 5: Průběh teplot v protiproutém chladiči (upraveno) (5).....	14
Obrázek 6: Grafické znázornění aproximace levým obdélníkem křivky s 8 význačnými body rozdělené na 7 dílů.....	16
Obrázek 7: Půdorys radiátoru Radik Klasik typ 20 (15)	24
Obrázek 8: Nárýs radiátoru Radik Klasik (upraveno) (15)	24

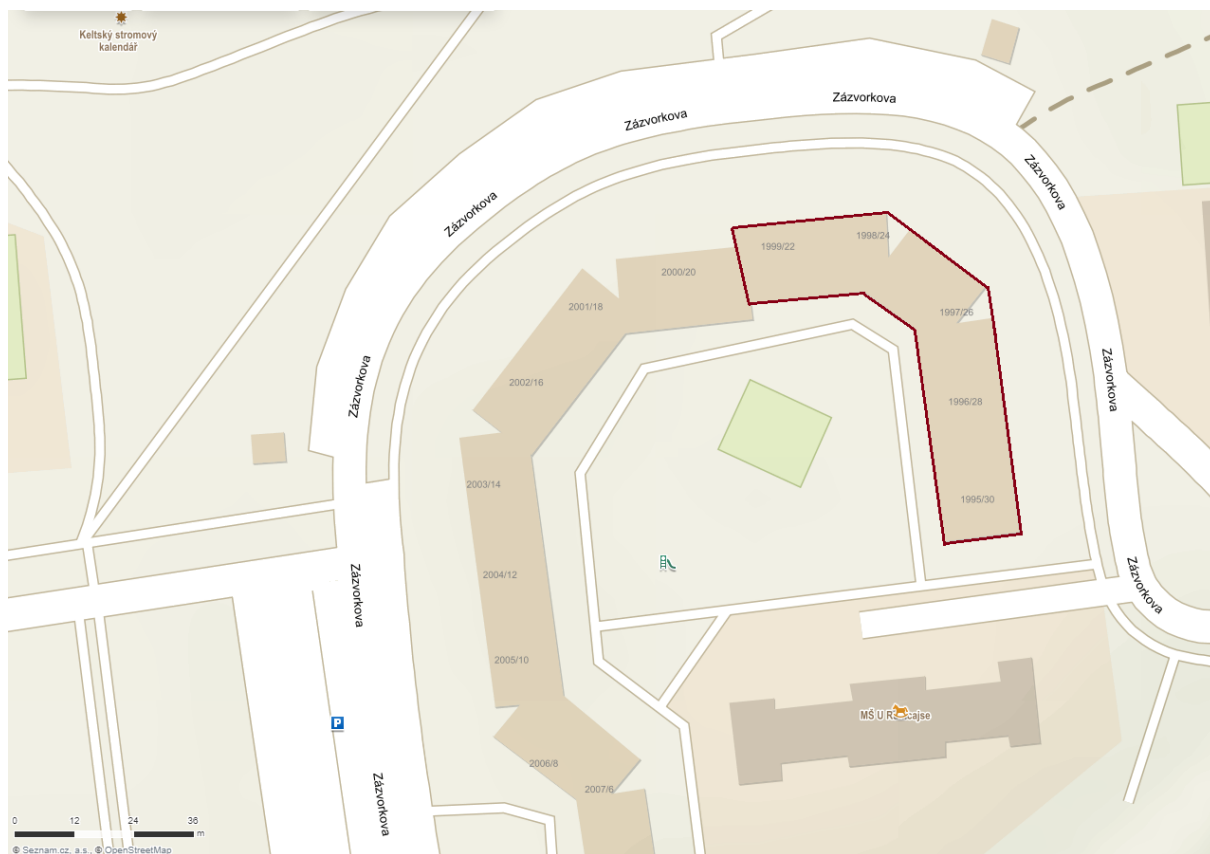
Seznam tabulek

Tabulka 2: Náklady na zavedení nové klimatizace se souproutými tepelnými výměníky. Ceny jednotlivých položek pocházejí z následujících zdrojů (po řádcích): (16), (25), (26), (27), (28), (29), (30), (31), (32), (33), (34), (35), (36), (37), (38), (39), (40), (18), (41). Životnosti ze zdrojů: (16), (42)..	31
Tabulka 3: Náklady na zavedení nové klimatizace s protiproutými tepelnými výměníky. Ceny jednotlivých položek pocházejí z následujících zdrojů (po řádcích s výjimkou spotřeby elektřiny): (17), (19), (25), (26), (27), (28), (29), (30), (31), (32), (33), (34), (35), (36), (37), (38), (39), (40), (18), (41). Životnosti ze zdrojů: (17), (42)	32

1 Úvod

Cílem této bakalářské práce je zjistit pomocí základních termodynamických vztahů možnosti provedení klimatizace bytů v bytovém domě v ulici Zázvorkova, 22–30, Praha - Stodůlky, pomocí studené vody přivedené z vodovodního řadu určené k ohřevu. Dům se bude v následujících letech zateplovat a při té příležitosti by bylo možno rozvést potřebnou vodovodní instalaci po stěnách domu. Hlavním cílem práce je určit, zdali je takováto instalace pro dům ekonomicky výhodná a jak velký podíl bytů lze takto klimatizovat. Hodnotit budu úspory na ohřev studené vody na teplou a úspory za ušetřenou elektřinu, kterou by bylo potřeba vynaložit na klimatizaci konvenčním způsobem, jako i úspory za samotný provoz alternativní klimatizace oproti klimatizaci konvenční.

2 Budova



Obrázek 1: Umístění obytného domu (vyznačen červeně) v ulici Zázvorkova (upraveno) (1)

Zjišťovaný bytový dům je součástí bloku bytových domů v ulici Zázvorkova v pražských stodůlkách. Bytovému družstvu, pro jehož budovu je tato práce vypracována, patří následující čísla popisná: 1995 až 1999 nebo čísla orientační: 22 až 30. Dům je již zateplen ze severovýchodní strany ve směru k ulici včetně jižního čela budovy. Zbývá jihozápadní stěna se teprve zateplovat bude, a právě do této stěny se v případě realizace projektu budou zavádět vodovodní rozvody. Dům má celkem 12 nadzemních

podlaží a suterén. V domě se nachází množství bytů různých velikostí, jejichž konkrétnější specifikace je uvedena v přílohách jedna a dvě.

Pitná voda se do domu přiváděna z veřejné vodovodní sítě. Ohřev teplé vody je zařízen v kotelně bytového domu, a to pomocí plynových kotlů.

3 Teorie

3.1 Plán soustavy



Obrázek 2: Jihozápadní fasáda se zakresleným potrubím pro skupinu 3 (podle kapitoly 4.1)

Následující část práce se bude zabývat teoretickým provedením klimatizace. Budu navrhovat klimatizaci pomocí studené vody. Ta je nyní přímo přivedena k ohřátí v kotelně. Nově budou v kotelně umístěny dvě rozvojky, které umožní změnit tok vody k ohřevu do systému klimatizace. Vodovodní trubky tohoto systému budou vyvedeny z kotelny na plášť obytného domu z jihozápadní dosud nezateplené strany a budou vést vodu až do nejvyššího patra. Ty budou při zateplení zakryty novou fasádou. V každém patře budou odbočky, které povedou studenou vodu do tepelného výměníku, který bude tvořen radiátorem umístěným pod stropem a teplou vodu z tepelného výměníku zpět do hlavní trubky. Ty budou umístěny v blízkosti jihozápadní stěny budovy a budou tedy chladit primárně oblast obývacích pokojů a kuchyní (viz. Příloha 1). Trubky, které překonávají horizontální vzdálenost budou v malém sklonu, aby bylo možné celý systém vypustit, respektive odplynit.

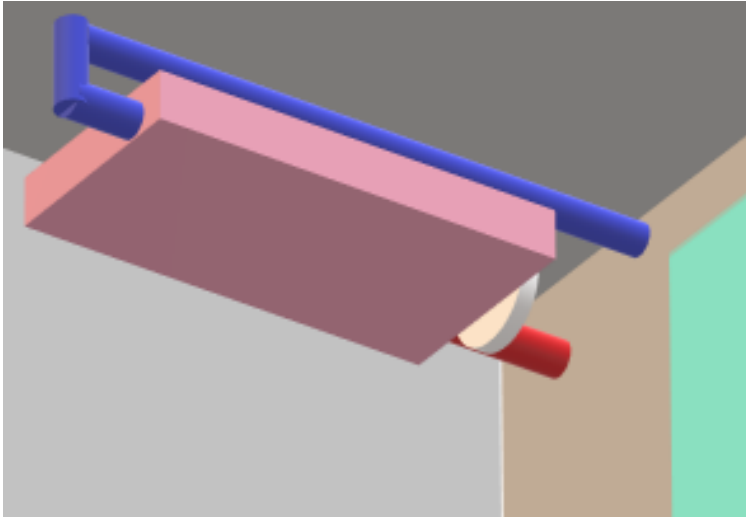
Uvažovat budu několik různých variant realizace:

První varianta je taková, že tepelný výměník bude souproudý, s proudem vody uvnitř radiátoru, umístěném u stěny, tekoucím od stropu k podlaze. Stejně tak teplý vzduch zvenku se bude kumulovat u stropu a při styku s radiátorem bude klesat k zemi.

Jako alternativní varianta bude uvažována také varianta protiproudého výměníku, kde bude pohyb ochlazeného vzduchu ve směru od země ke stropu zajišťován ventilátorem. Tato varianta bude realizována tak, že bude možné použít chlazení jak v souproudém režimu s vypnutým ventilátorem, tak i v režimu protiproudém se zapnutým ventilátorem.

Další varianta, která bude dále posouzena mění pozici výměníku ze svislého na vodorovný, zavěšený v šíři pod stropem pouze s malým sklonem, a to ze stejného důvodu jako potrubí o tři odstavce výše. Tato varianta má výhodu, že nebude bránit využití stěny například umístěním skříně. Nevýhodou této varianty je velmi omezená možnost šíření tepla prouděním, protože toto, jak známo probíhá převážně ve směru teplý vzduch nahoru a studený dolů, nikoli doleva nebo doprava, tedy ve směru, v jakém by bylo v případě vodorovně umístěného výměníku potřeba. Z tohoto důvodu přichází v úvahu v této variantě pouze varianta s ventilátory.

V této variantě předpokládám, že výměník bude uží stranou k venkovní stěně. Ventilátor bude též umístěný na této straně a bude foukat vzduch skrz a okolo výměníku směrem do bytu. Vstup studené vody bude na straně výměníku „do bytu“ s výstup teplé vody na straně „ke stěně“.



Obrázek 3: Horizontální umístění tepelného výměníku (pohled zešikma zespodu): růžová = tepelný výměník, modrá a červená = potrubí studené a teplé vody, bílá = ventilátor, světle modrá = okno

Protože, jak je možné zjistit z kapitoly 4.3, bude docházet ke kondenzaci vodní páry na vodu kapalnou, bude rovněž nutné pod tepelný výměník umístit snímatelnou nádobu na zachycení této vody. Snímatelnou proto, aby bylo možné plnou nádobu snadno vylít.

3.2 Tepelná bilance přenosu tepla

Pro navrhnutí správné velikosti radiátoru pro byt je nutné znát matematický předpis pro přenos tepla v radiátoru, který je druhem tepelného výměníku. Ten nazýváme bilanční rovnice a jeho předpis převezmu z (2).

$$P = q_{mVoda} * c_{pVoda} * (t_{m2Voda} - t_{m1Voda}) = \tag{R1}$$

$$= q_{mVzduch} * c_{pVzduch} * (t_{m1Vzduch} - t_{m2Vzduch}) + P_{loss}$$

význam značek: P	tepelný výkon tepelného výměníku (W)
P_{loss}	ztrátový výkon výměníku (W)
q_m	hmotnostní průtok pracovní látky (kg/s)
C_p	měrná tepelná kapacita pracovní látky (J/kg)
t_{m1}	teplota aktivní látky při vstupu do výměníku (°C)
t_{m2}	teplota aktivní látky při výstupu z výměníku (°C)

Abych mohl určit požadovaný výkon radiátoru je potřeba znát velikosti ostatních veličin.

Jako ztrátový výkon uvažuji skupenské teplo varu, které se uvolní při kondenzaci vodní páry obsažené ve vzduchu při styku s chladným povrchem radiátoru. Příčiny a velikost kondenzace jsou teoreticky rozebrány níže v kapitole 3.2.3. Početně je velikost kondenzace rozebrána v kapitole 4.3.

Dalším krokem je najít radiátor, který poskytne požadovaný tepelný výkon. Protože radiátory se běžně nabízejí a prodávají pro vytápění, jsou i jejich tepelné výkony vypočítány pro rozdíl teplot mezi ohřívanou a ohřívající pracovní látkou při běžném vytápění, a tedy jsou jiné, než jaké jsou níže vypočítány podle rovnice (R1). Abych mohl vybírat radiátor podle internetových nabídek výrobců je tedy nutné, aby byl vypočtený výkon chladicího radiátoru přepočítán na běžné parametry.

K přenosu tepla ze vzduchu do vody bude docházet vedením přes radiátor, proto mohu pro vyjádření intenzity tohoto přenosu použít vzorce platné pro prostup tepla.

Pro prostup tepla platí následující (3):

$$q_{cd} = \lambda * \frac{\Delta t}{d} \quad (R2)$$

Význam značek:	q_{cd}	hustota tepelného toku (W/m^2)
	λ	součinitel tepelné vodivosti ($W/^\circ C * m$)
	Δt	rozdíl teplot mezi povrchy mezi kterými dochází k výměně tepla ($^\circ C$)
	d	vzdálenost mezi povrchy mezi kterými dochází k výměně tepla (m)

V tomto případě je jak součinitel tepelné vodivosti, tak i vzdálenost d vlastností radiátoru. Oproti výrobcem uvedeným hodnotám se bude měnit pouze hodnota Δt .

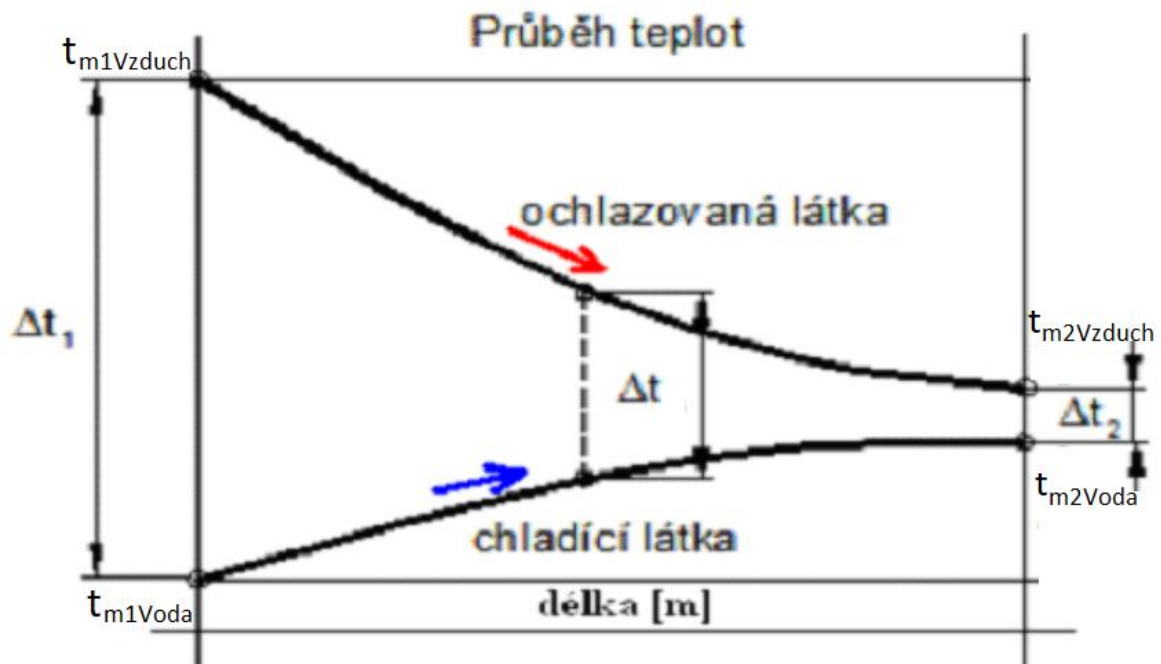
Jednotka hustoty tepelného toku je W/m^2 . Tedy veličina hustoty tepelného toku přímo úměrně vyjadřuje výkon radiátoru a mohu s její pomocí přepočítat výkon radiátoru výrobcem určeným na výkon pro účel této klimatizace.

$$P \sim q_{cd}$$

$$\frac{P_x}{P_y} = \frac{q_{cdx}}{q_{cdy}} = \frac{\Delta t_x}{\Delta t_y} \quad (R3)$$

3.2.1 Výměna tepla v souproutém výměníku

Rozdíl teplot ovšem nebude po celé délce radiátoru stejný. Proto je nutné na přepočít podle (R3) najít takový Δt , aby odpovídal skutečné průměrné hodnotě Δt . K tomu využijí vzorce pro souproutý výměník tepla z (4) a veličiny tak jak je znázorněno na obrázku 4.



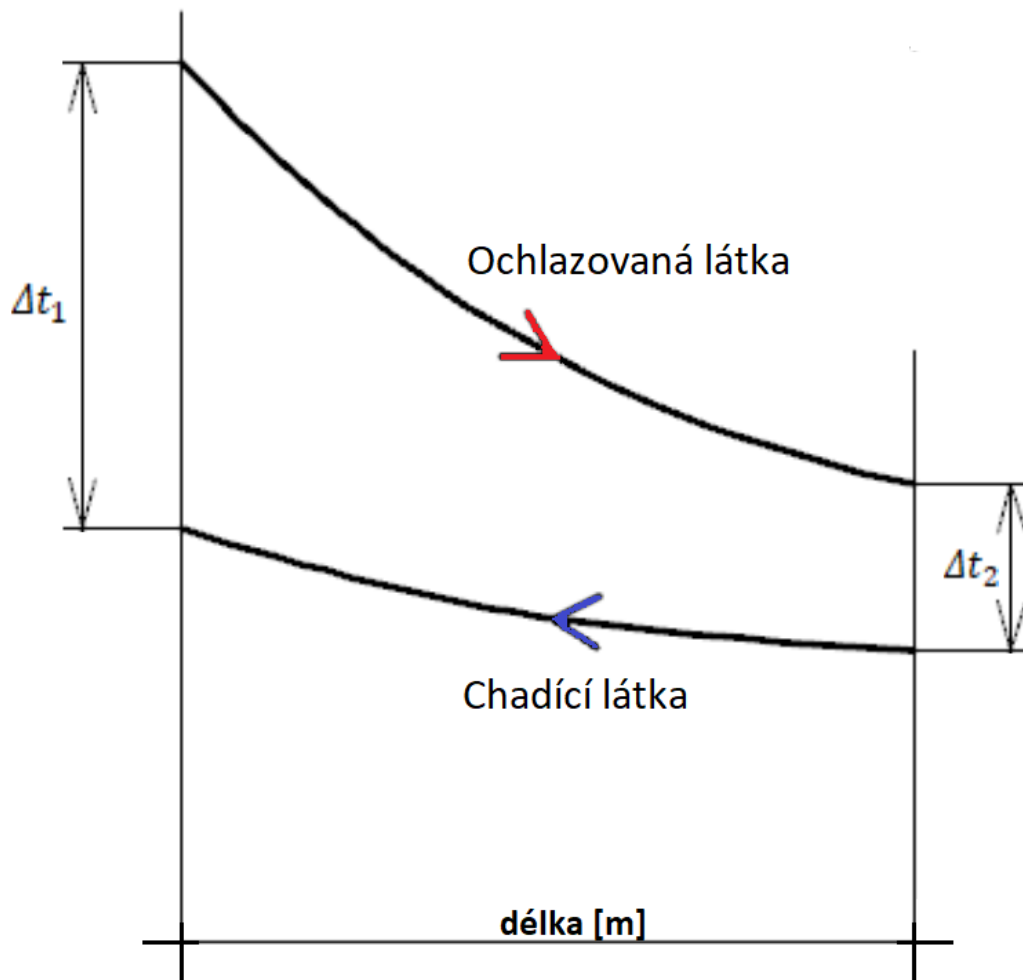
Obrázek 4: Průběh tepla v souproutém chladiči (upraveno) (4)

$$\Delta t = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln\left(\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}\right)} = \frac{(t_{m1Vzduch} - t_{m1Voda}) - (t_{m2Vzduch} - t_{m2Voda})}{\ln\left(\frac{t_{m1Vzduch} - t_{m1Voda}}{t_{m2Vzduch} - t_{m2Voda}}\right)} \quad (R4)$$

Tento vzorec jsem použil jak pro výpočet Δt pro klimatizační radiátor, tak i pro výpočet Δt při standardním použití radiátoru, k němuž jsem se při výpočtech vyžadovaného výkonu v kapitole 4.3 vztahoval.

3.2.2 Výměna tepla v protiproudém výměníku

Pro protiproudý výměník rovněž platí rovnice (R4), ovšem veličiny je potřeba dosadit podle obrázku 5.



Obrázek 5: Průběh teplot v protiproudém chladiči (upraveno) (5)

3.2.3 Kondenzace vodní páry

Protože na množství vody potřebné k chlazení bytu i na potřebný výkon radiátoru bude mít vliv kondenzace vodních par na povrchu radiátoru, je potřeba určit, jak intenzivně bude pára kondenzovat a jak velký tento vliv bude.

Začnu intenzitou kondenzace vodní páry, která v $\frac{kg}{m^2*s}$ je dána podle ČSN 73 0540-4 (6):

$$M_{slw} = k_3 * (t_{AL} - t_{SLW})^{0,333} * |p_L - p_{SAT,SLW}|^{1,4} \quad (R5)$$

Význam značek:	M_{slw}	plošná intenzita kondenzace vodní páry (kg/m^2*s)
	k_3	koeficient zohledňující směr natočení dotykové plochy
	t_{AL}	teplota vzduchu ($^{\circ}C$)
	t_{SLW}	teplota dotykové plochy ($^{\circ}C$)
	p_L	částečný tlak vodní páry vstupujícího vzduchu (Pa)
	$p_{SAT,SLW}$	částečný tlak vodní páry při teplotě t_{SLW} (Pa)

Částečný tlak vodní páry při teplotě vyšší, než je rosný bod je potřeba upravit tak, že částečný tlak vodní páry uvedený v normě ČSN 73 0540 – 4 pro teplotu vstupního vzduchu snížím poměrně podle relativní vlhkosti vzduchu (6):

$$p_L = p_{SAT,L} * \frac{\varphi_L}{100} \quad (R6)$$

Význam značek:	$p_{SAT,L}$	částečný tlak vodní páry při 100 % vlhkosti vzduchu (Pa)
	φ_L	relativní vlhkost vzduchu (%)

Protože, teplota dotykové plochy nebude po celé ploše tepelného výměníku stejná, jak je vidět i z průběhů grafů na obrázcích tři a čtyři, je nutné výpočet intenzity kondenzace upravit. Pro další výpočty se dopustím zjednodušení v určení teploty dotykové plochy, jako teploty vody v daném místě. To způsobí mírné nadhodnocení intenzity kondenzace (dané počtem výpočtovým bodů (viz obrázek 6) výměnou za výrazné zjednodušení výpočtu.

Jak je vidět z rovnice (R2) jsou na sobě průběhy teplot vzduchu a vody skrze Δt vzájemně závislé. Tuto závislost lze zachytit soustavou rovnic posloupností. V následujícím tvaru pro souproutý výměník („a“ je teplota vzduchu, „b“ je teplota vody):

$$a_{n+1} = a_n - |a_n - b_n| * C \quad (R7)$$

$$b_{n+1} = b_n + |a_n - b_n| * D$$

A v následujícím pro protiproudý výměník (interval je opačný než na obrázku 5):

$$a_{n+1} = a_n + |a_n - b_n| * C \quad (R8)$$

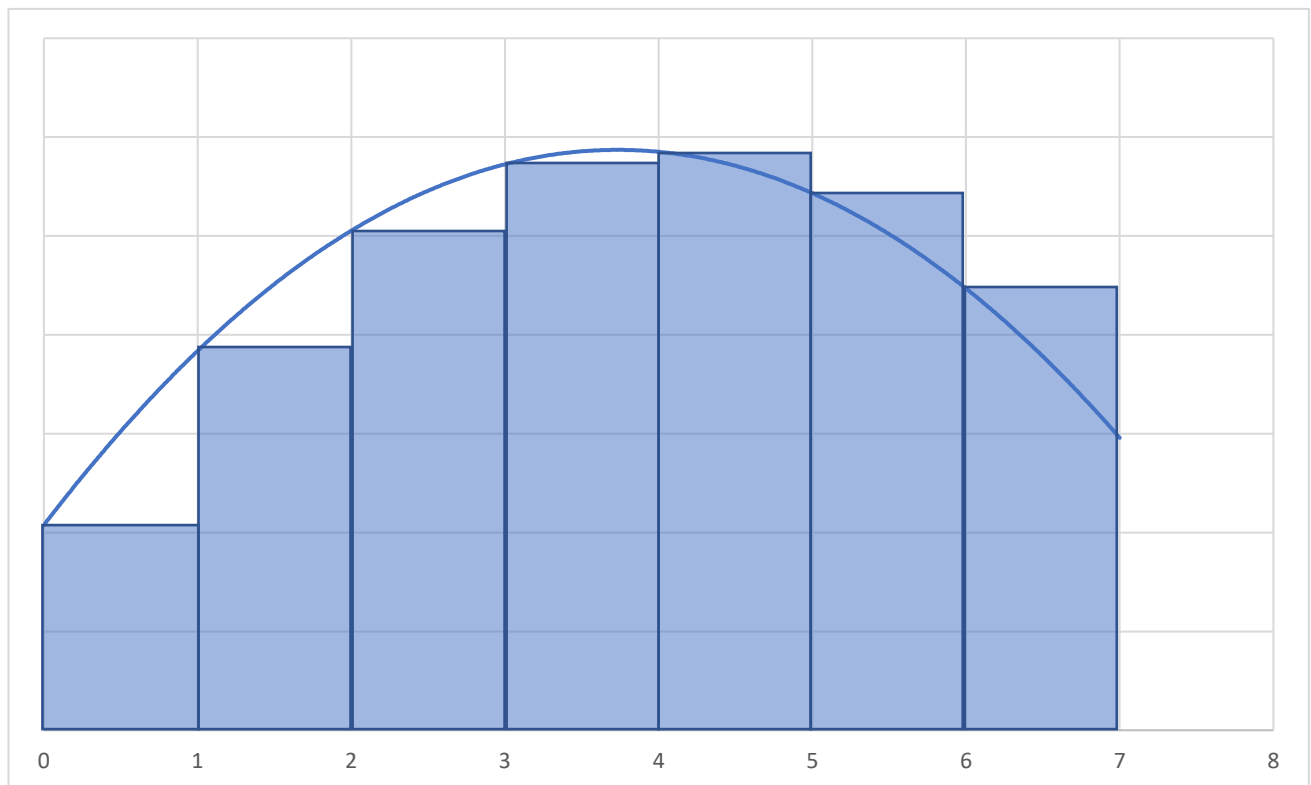
$$b_{n+1} = b_n + |a_n - b_n| * D$$

Člen $|a_n - b_n|$ vyjadřuje závislost na rozdílu teplot. Konstanty C a D vyjadřují rychlost změny teplot v průběhu délky výměníku.

Pomocí soustav rovnic (R7), respektive (R8), docílím rozdělení délky tepelného výměníku na „X“ počet stejných dílů. Pro každý díl tak bude možné spočítat částečnou kondenzaci pomocí upravené rovnice (R5):

$$M_{slw,n} = \frac{1}{X} k_3 * (t_{AL,n} - t_{SLW,n})^{0,333} * |p_{L,n} - p_{SAT,SLW,n}|^{1,4} \quad (R9)$$

Každý úsek výměníku bude vypočten pomocí aproximace levým obdélníkem. Jak taková aproximace vypadá je naznačeno je vidět z obrázku 6.



Obrázek 6: Grafické znázornění aproximace levým obdélníkem křivky s 8 význačnými body rozdělené na 7 dílů.

Celkovou kondenzaci lze nyní získat prostým součtem všech „X“ částečných kondenzací.

Co se proměnných v rovnici (R9) týče, teploty t_{AL} a t_{SLW} se rovnají a_n a b_n ze soustav rovnic (R7) a (R8). Protože postupný úbytek vodní páry během prostupu vzduchu tepelným výměníkem zanedbávám, je částečný tlak vodní páry p_L konstantní. Částečný tlak nasycené vodní páry $p_{SAT,SLW}$ je pro každou část n potřeba určit podle teploty dotykové plochy.

Vliv kondenzované páry se projeví uvolňováním skupenského tepla varu. Toto uvolňované teplo působí jako ohřev, tedy působí proti chlazení. Množství celkového uvolněného tepla závisí na množství zkondenzované páry. Následující vzorec uvádí výpočet skupenského tepla varu (7):

$$L_V = l_v * m \quad (R10)$$

Význam značek: L_V	skupenské teplo varu látky (kJ)
l_v	měrné skupenské teplo varu látky (kJ/kg)
m	hmotnost zkondenzované látky (kg)

Pro určení ztrátového výkonu potřebného výkonu chlazení je ovšem potřebné znát uvolněné teplo za sekundu. Proto jsem ve vzorci pro skupenské teplo varu nahradil hmotnost m intenzitou kondenzace vodní páry M_{slw} čímž jsem získal vzorec pro výpočet ztrátového výkonu kondenzací vodní páry na metr čtvereční plochy radiátoru:

$$\frac{P_{loss}}{S} = l_v * M_{slw} \quad (R11)$$

Význam značek: S	styková plocha radiátoru a okolního vzduchu
--------------------	---

Rovnice tepelné bilance přenosu tepla po dosažení ztrát kondenzací má tvar:

$$P = q_{mVoda} * c_{pVoda} * (t_{m2Voda} - t_{m1Voda}) = \quad (R12)$$

$$= q_{mVzduch} * c_{pVzduch} * (t_{m1Vzduch} - t_{m2Vzduch}) + l_v * M_{slw} * S$$

Poslední částí hledání radiátoru tak je hledání takového radiátoru, jehož výkon zvládne uchládit místnost, a navíc i kompenzovat ztrátu chladu kondenzací. Ta navíc je tím větší, čím větší je plocha radiátoru. Tedy čím větší výkon radiátoru, tím větší ztráta kondenzací.

3.3 Ekonomický přínos

Ekonomický přínos projektu jsem vyhodnotil pomocí ukazatelů NPV a RCF.

Ukazatel NPV, neboli dlouze čistá současná hodnota (Net Present Value), má následující vzorec (8):

$$NPV = CF_0 + \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (R13)$$

Význam značek: CF	Cash Flow = Pěněžní tok během jednotlivých období t
r	diskont

Diskont je vyjádřením časové ceny peněz, vyjádřením toho že 100 Kč dnes není totéž co 100 Kč za rok. Diskont by v sobě měl zahrnovat hranici přijatelného výnosu investice, nebo výnos nějaké alternativní investice s jistým výnosem (cena obětované příležitosti), případně míru rizika investice (8). V případě bytového družstva, které ze své povahy správce domu buďto investuje do domu, nebo

spoří na bezrizikových produktech typu státní dluhopisy, termínované vklady apod. bude diskont reflektovat možné výnosy právě z takovýchto aktiv.

Investice hodnocená pomocí NPV může být pokládána za výhodnou, pokud dosahuje hodnoty vyšší než 0 (8).

Hodnocení investice pomocí NPV je vhodné v případě, že investice představuje jednorázový výdaj, za který pak po určitou dobu investor přijímá požitky. V případě, že se jedná o projekt opakovatelný, byl by jednorázový výdaj vydán po určité době opět najednou a celé v tomto odstavci popsané by se opakovalo (8).

Méně vhodné toto hodnocení je, pokud je pro realizaci investice nutné provést několik výdajů s různými dobami životnosti (tedy dobami, za kterou je bude případně nutné opakovat). Pak je výhodnější, pokud nechci hledat společný násobek životností a hodnocení podle NPV protáhnout na tuto hodnotu, použít ekvivalentní roční Cash Flow (RCF) (8).

Ekvivalentní roční peněžní tok vyjadřuje roční cash flow, které kdyby investor každý rok odkudsi získal, byl by na tom stejně jako při provedení investice. Protože jde o roční peněžní toky, mohu je spolu libovolně sčítat bez ohledu na doby životnosti (8).

Protože v případě tohoto projektu jednotlivé součásti finančního hodnocení mají různou životnost, rozhodl jsem se jako hlavní kritérium použít právě RCF. NPV tak zůstává v roli pomocníka, jelikož RCF lze spočítat následujícím způsobem (8):

$$RCF = NPV * \frac{1}{z\u00e1sobitel} \quad (R14)$$

$$z\u00e1sobitel = \frac{1}{r} - \frac{1}{r(1+r)^t} \quad (R15)$$

4 Početně

4.1 Rozmístění bytů

Celý bytový dům bude po další účely rozdělen na sedm skupin, v každém patře na šest po dvou bytech, a to ve směru od vchodu 1999/22 ke vchodu 1995/30. Sedmou skupinu tvoří jeden byt na jižním konci budovy u vchodu 1995/30. Toto rozdělení jsem provedl tak, aby byla každá část zásobována z jedné dvojice vodovodních trubek stoupajících po fasádě budovy (náznorněji ukázáno na obrázku 1). Bytový dům má dvanáct obytných podlaží označených jako patra 0 až 11 a navíc má suterén. V suterénu se nebude klimatizovat. V obytných patrech, pokud výsledky následujících výpočtů neumožní ekonomicky klimatizovat všechny byty v domě, budu z návrhu klimatizace postupně vyřazovat na začátku odstavce definované skupiny bytů, a to vždy ve všech patrech

postupně od konců bytového domu směrem k rohové části obytného domu (tedy v pořadí: 7, 1, 6, 2, 5, 4).

Obytná patra mají jednotné dispozice, a to s výjimkou patra 4 a patra 8, která jsou průchozí (viz příloha 1). Některé byty mají dodatečně přistavěné zábory společné chodby, které sice zvětšují byt, ale kvůli těmto přístavbám není měněna velikost autoklimatizace bytů, a proto nemají tyto přístavby na množství vyměňovaného vzduchu vliv.

Každou hodinu je do bytů přiveden čerstvý vzduch z venku, jehož množství odpovídá polovině objemu kuchyně, obývacího pokoje a ložnic. Ostatní místnosti se do potřeby výměny vzduchu nezapočítávají (9). Na základě příloh číslo jedna a dvě jsem spočetl objemy klimatizovaných částí bytů a objemy vzduchu, které jsou každou hodinu přivedeny z venku. Byt s největší výměnou vzduchu se stává bytem referenčním, od něhož se budou odvíjet velikosti navrhovaných radiátorů, a tedy i celková velikost systému. Jako byt s největším nalezeným vyměňovaným objemem vzduchu jsem našel byt s výměnou 74,1 m³/hod.

4.2 Vodní hospodářství

Pro účely klimatizace bude použita voda, kterou spotřebují obyvatelé obytného domu jako vodu teplou. Použití teplé vody v letním v uvažovaném obytném domě se liší ve všední dny a o víkendu (10).

Ve všední dny je po většinu dne spotřebováváno 0,7 m³ teplé vody za hodinu, přičemž s výjimkou pozdních nočních hodin neklesne spotřeba pod tuto hodnotu. O víkendu je významná spotřeba teplé vody pouze mezi osmou a dvanáctou hodinou dopolední přibližně o velikosti 1 m³ za hodinu (10).

Pro účely výpočtu možností chlazení jsem použil spotřebu teplé vody ve výši 0,7 m³ za hodinu, tedy standardní spotřebu během všedního letního dne.

Voda bude z kotelny do bytů a zpět vedena PPR trubkami. Hlavní potrubí vedoucí z kotelny po fasádě bude mít průměr 50 mm a trubky vedoucí z fasády do bytů 25 mm. Zapínání klimatizace bude prováděno centrálně v kotelně. Když bude klimatizace centrálně zapnutá, bude na obyvatelích jednotlivých bytů, jestli si klimatizaci spustí. Centrálně bude řízení prováděno celkově třemi kohouty. Dvěma na novém potrubí, po jednom na vývodu studené vody směrem k fasádě a na přívodu teplejší vody směrem od fasády. Třetí kohout bude na stávajícím potrubí přívodu studené vody do boileru na ohřev vody, mezi v předchozí větě uvedenými odvodem a přívodem. Řízení v bytech bude provedeno jedním kohoutem na přívodu k radiátoru.

Pro případ, že by byla klimatizace centrálně zapnuta a v bytech vypnuta budou na horních koncích trubky přívodu a odvodu studené vody propojeny.

4.3 Výkon radiátoru

Rozhodl jsem se v této práci použít tepelný spád vody tak, že v tělese radiátoru zvýší svou teplotu z 10 °C na 20 °C. Protože je chlazení plánováno pro použití v tropické dny určil jsem jako nejnižší možnou teplotu vstupního vzduchu do bytu vzduch o teplotě 30 °C. 30 °C je hranice tropického dne (11).

Tento vzduch bude chlazen o 5 °C na 25 °C.

Potenciálním problémem může být kondenzace vodní páry na povrchu radiátoru. Abych zjistil, jestli mám s kondenzací počítat určil jsem velikost rosného bodu vzduchu.

Rosný bod jsem určil se vstupními parametry: 30 °C (tropický den) a 50 % vlhkost vzduchu (standartní vlhkost vzduchu v bytech). Pro tyto parametry je teplota rosného bodu 18,44 °C (12).

Protože teplota vstupní vody do radiátoru je 10 °C, což je méně než teplota rosného bodu, bude přinejmenším na části radiátoru vodní pára kondenzovat.

Abych mohl spočítat intenzitu kondenzace vodní páry na povrchu radiátoru podle postupu uvedeném v kapitole 3.2.3, musím nejprve spočítat částečný tlak vodní páry do bytu vstupujícího vzduchu podle rovnice (R6).

$$p_L = 4238 * \frac{50}{100} = 2119 \text{ Pa} \quad (\text{R16})$$

Intenzita kondenzace vodní páry na povrchu radiátoru jsem při použití postupu z kapitoly 3.2.3 vypočetl následovně:

$$M_{slw,n} = \sum_{n=1}^X \frac{1}{X} k_3 * (t_{AL,n} - t_{SLW,n})^{0,333} * |p_{L,n} - p_{SAT,SLW,n}|^{1,4} \quad (\text{R17})$$

Délku radiátoru jsem se rozhodl rozdělit na 100 dílů. Bodů určujících průběh teplot tedy bude 101 včetně bodu na konci výměníku, ve kterém bude dosaženo konečných hodnot.

Podle prvních dvou odstavců této části se průchodem výměníkem změní teplota vody o +10 °C a teplota vzduchu o -5 °C, respektive +5 °C, podle typu výměníku. Konstanty C a D v rovnicích (R7) a (R8) tedy volím zaprvé tak, že konstanta D je $\frac{10}{5} = 2$ krát větší než konstanta C. Zadruhé volím konstanty tak, aby ve sto krocích bylo dosaženo požadovaných hodnot.

Volba konstant je následující:	pro souprůdný výměník:	C = 0,00460	D = 0,00920
	pro protiprůdný výměník:	C = 0,00405	D = 0,00810

Určení tlaku nasycené vodní páry v jednotlivých bodech nelze podle snadno určit pouze pomocí tabulkových hodnot. Protože závislost částečného tlaku nasycené vodní páry je exponenciální (13), vzal

jsem z tabulky částečných tlaků nasycené vodní páry (6) hodnoty pro některé teploty a proložil je exponenciální křivkou (příloha 4), jejíž rovnici jsem posléze použil k určení částečných tlaků nasycené vodní páry v jednotlivých dílech výměníků.

Tabulky s hodnotami pro jednotlivé části tepelného výměníku jsou v příloze 3. A jak je z této přílohy patrné, tak intenzita kondenzace vodní páry je v případě souproutého tepelného výměníku:

$$M_{slw} = 6,82 * 10^{-6} \frac{kg}{m^2 * s} \quad (R18)$$

A v případě protiproudého:

$$M_{slw} = 8,44 * 10^{-6} \frac{kg}{m^2 * s} \quad (R19)$$

Jako názorná ukázka výpočtu intenzity kondenzace v části výměníku následuje výpočet pro díl mezi body 0 a 1 (díl 1) v souproutém výměníku:

$$M_{slw,1} = \frac{1}{100} 7,46 * 10^{-10} * (30 - 10)^{0,333} * |2119 - 1249|^{1,4} = 2,64 * 10^{-7} \frac{kg}{m^2 * s} \quad (R20)$$

Číslo:	100	počet dílů na které jsem výměník rozdělil
	$7,46 * 10^{-10}$	k_3 pro svislý povrch (6)
	30 °C	teplota do bytu vstupujícího vzduchu
	10 °C	teplota dotykové plochy určená teplotou vstupní vody
	2119 Pa	částečný tlak vodní páry při teplotě 30 °C (6)
	1249 Pa	částečný tlak nasycené vodní páry při teplotě 10 °C (viz přílohy 3 a 4)

Výše uvedené platí pro radiátory umístěné na stojato. Pro radiátory umístěné na ležato platí odlišné konstanty k_3 a to:

k_3 pro vodorovný povrch obrácený směrem dolů: $5,23 * 10^{-10}$ (6)

k_3 pro vodorovný povrch obrácený směrem nahoru: $9,72 * 10^{-10}$ (6)

Jelikož velikost povrchu radiátoru otočená dolů je stejná jako velikost povrchu otočená nahoru (viz obrázek 7), lze tyto hodnoty k_3 zprůměrovat.

$$k_3 \text{ pro radiátor umístěný na ležato} = \frac{5,23 * 10^{-10} + 9,72 * 10^{-10}}{2} = 7,48 * 10^{-10} \quad (R21)$$

Intenzita kondenzace vodní páry je na konstantě k_3 přímo úměrně závislá. Přímým porovnáním hodnot tak zjistím, že při horizontálním umístění se intenzita kondenzace oproti vertikálnímu zvýší o:

$$\frac{7,48 * 10^{-10}}{7,46 * 10^{-10}} - 1 = 0,0027 = 0,27\% \quad (R22)$$

Což považuji za rozdíl natolik zanedbatelný, že jej dále skutečně zanedbám a budu počítat pouze s použitím intenzity kondenzace vertikálně umístěných radiátorů, a to i pro radiátory umístěné horizontálně.

Jelikož měrné skupenské teplo varu vody je $2260 \frac{kJ}{kg}$ (14) mohu nyní spočítat ztrátový výkon P_{loss} vztahovaný na m^2 plochy radiátoru, a to dosazením do rovnice (R11). Pro souproutý výměník:

$$\frac{P_{loss}}{S} = 2260 * 10^3 * 6,82 * 10^{-6} = 15,4 \frac{W}{m^2} \quad (R23)$$

A pro protiproudý výměník:

$$\frac{P_{loss}}{S} = 2260 * 10^3 * 8,44 * 10^{-6} = 19,1 \frac{W}{m^2} \quad (R24)$$

Pro každý byt bude pořízen jednotný radiátor, jehož výkon jsem vypočítal podle referenčního bytu. Byt s největší výměnou vzduchu vyměňuje vzduch rychlostí $74,1 m^3$ za hodinu.

Nejprve jsem zjistil, jaký potřebuji výkon radiátoru abych vychladil referenční byt. Tento výkon jsem určil při zanedbání kondenzace vodní páry (reprezentovanou v rovnici (R1) členem P_{loss}), ta je započítána později. Abych mohl použít rovnici (R1) pro získání výkonu radiátoru, musel jsem převést hodinovou výměnu vzduchu z objemové na hmotnostní:

$$q_{mVzduch} = \rho_{Vzduch} * q_{VVzduch} = 1,29 * 74,1 = 95,6 \frac{kg}{hod} \quad (R25)$$

Význam značek: $\rho_{VVzduch}$ hustota vzduchu $1,29 \frac{kg}{m^3}$ (14)

$q_{VVzduch}$ objemový průtok vzduchu $74,1 \frac{m^3}{hod}$

Potřebný výkon radiátoru jsem zjistil dosazením do rovnice (R1):

$$P - P_{loss} = P_{vzduch} = 95,6 * \frac{1}{3600} * 1010 * (30 - 25) = 134 W \quad (R26)$$

Číslo:	$95,6 \frac{kg}{hod}$	výměna vzduchu v referenčním bytě
	$\frac{1}{3600}$	přepočítání jednotek z $\frac{1}{hod}$ na $\frac{1}{s}$.
	$1010 \frac{J}{^\circ C}$	měrná tepelná kapacita vzduchu (14)
	$30 ^\circ C$	teplota vzduchu z venku vstupujícího
	$25 ^\circ C$	teplota vychlazeného vzduchu

Dále jsem přepočítal tento výkon $134 W$ na výkon podle kterého jsem mohl vybírat radiátor z nabídek výrobců na internetu. Provedl jsem tedy přepočítání na tepelný spád 75/65/20. To znamená radiátor

pro vytápění, do nějž vstupuje voda o teplotě 75 °C, a vychází z něj voda o teplotě 65 °C. Okolní vzduch je radiátorem vyhříván na 20 °C.

Abych mohl přepočítat výkon radiátoru podle (R3), vypočítal jsem dosazením do (R4) střední teplotní spád Δt jak pro výpočtové podmínky, tak pro 75/65/20.

Δt v této práci navrhovaných radiátorů je tedy:

Pro případ vertikálně umístěného radiátoru:

$$\Delta t_r = \frac{(30 - 10) - (25 - 20)}{\ln\left(\frac{30 - 10}{25 - 20}\right)} = 10,82 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{R27})$$

Pro případ protiproudého řešení radiátoru:

$$\Delta t_r = \frac{(30 - 20) - (25 - 10)}{\ln\left(\frac{30 - 20}{25 - 10}\right)} = 12,33 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{R28})$$

Δt radiátoru při spádu 75/65/20 je:

$$\Delta t_n = \frac{(75 - 20) - (65 - 20)}{\ln\left(\frac{75 - 20}{65 - 20}\right)} = 49,83 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{R29})$$

Převod výkonů ze skutečného na obchodovaný tedy je podle (R3):

$$\frac{P_n}{P_r} = \frac{49,83}{10,82} = 4,61 = k_{rn} \quad (\text{R30})$$

Respektive:

$$\frac{P_n}{P_r} = \frac{49,83}{12,33} = 4,04 = k_{rn} \quad (\text{R31})$$

Tímto přepočtem jsem v dalším kroku přepočítal jak výkon potřebný pro chlazení vzduchu, tak i výkon potřebný na znovu ochlazení vzduchu ohřátého kondenzací:

$$P_n = P_{vzduch} * k_{rn} = 134 * 4,61 = 618 \text{ W} \quad (\text{R32})$$

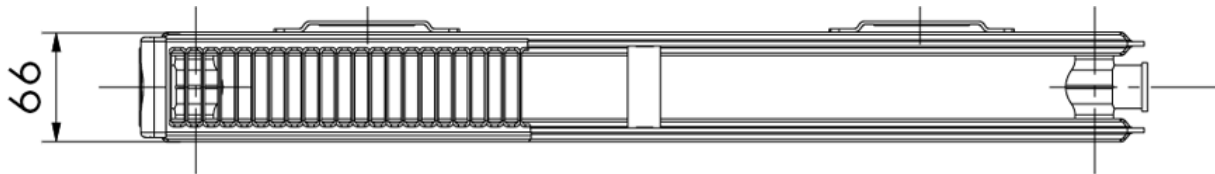
$$\frac{P_{lossn}}{S} = 15,4 * 4,61 = 71 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \quad (\text{R33})$$

Respektive:

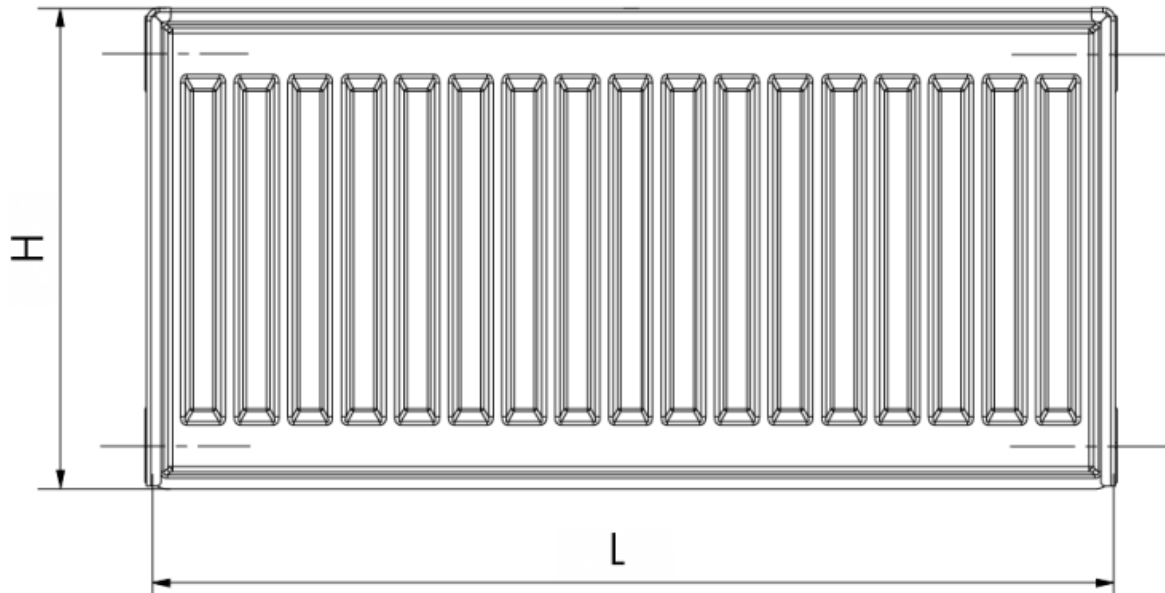
$$P_n = P_{vzduch} * k_{rn} = 134 * 4,04 = 542 \text{ W} \quad (\text{R34})$$

$$\frac{P_{lossn}}{S} = 19,1 * 4,04 = 77 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \quad (\text{R35})$$

Rozhodl jsem se použít radiátor typ 20 a to z důvodu jednoduchosti výpočtu stykové plochy.



Obrázek 7: Půdorys radiátoru Radik Klasik typ 20 (15)



Obrázek 8: Názor radiátoru Radik Klasik (upraveno) (15)

Radiátory od firmy Korado, Radik Klasik typ 20 mají čtyři styčné plochy s o rozměrech uvedených na stránkách výrobce jako výška a délka (15). Také umožňují připojení vodovodních trubek na obou stranách radiátoru.

Plochu radiátoru S , potřebnou pro výpočet ztrátového výkonu P_{loss} s použitím v předchozím odstavci uvedené výšky a délky následovně:

$$S = 4 * Výška * Délka \quad (R36)$$

Po úvaze a prohlídnutí cen jsem se rozhodl použít pro souproudé řešení radiátory Radik Klasik typ 20 s následujícími parametry (15):

Výkon: 754 W

Délka: 0,9 m

Výška 0,5 m

Ztráty z kondenzace v případě použití tohoto radiátoru:

$$P_{lossn} = \frac{P_{lossn}}{S} * 4 * Výška * Délka = 71 * 4 * 0,5 * 0,9 = 128 W \quad (R37)$$

Celkový potřebný výkon na požadovaný provoz klimatizace:

$$P_p = P_n + P_{lossn} = 618 + 128 = 746 \text{ W} \quad (\text{R38})$$

Výkon radiátoru je větší než 746 W. Je tedy ověřeno, že vybraný radiátor je výkonově dostatečný, aby vychladil z venku přichozí vzduch z 30 °C na 25 °C.

Pro protiproudé řešení jsem vybral radiátor Radik Klasik typ 20 s následujícími parametry (15):

Výkon: 670 W

Délka: 0,8 m

Výška: 0,5 m

Ztráty z kondenzace v případě použití tohoto radiátoru:

$$P_{lossn} = \frac{P_{lossn}}{S} * 4 * Výška * Délka = 77 * 4 * 0,5 * 0,8 = 123 \text{ W} \quad (\text{R39})$$

Celkový potřebný výkon na požadovaný provoz klimatizace:

$$P_p = P_n + P_{lossn} = 542 + 123 = 665 \text{ W} \quad (\text{R40})$$

Výkon radiátoru je větší než 665 W. Je tedy ověřeno, že vybraný radiátor je výkonově dostatečný, aby vychladil z venku přichozí vzduch z 30 °C na 25 °C.

4.4 Rozsah nové klimatizace

Abych mohl určit počet bytů, které je možné pomocí nové klimatizace vychladit, musel jsem nejprve určit množství vody nutné na vychlazení jednoho bytu. Toto množství zjistím použitím rovnice (R1).

$$q_{mVoda} = \frac{P}{c_{pVoda} * (t_{m2Voda} - t_{m1Voda})} \quad (\text{R41})$$

Z rovnice (R26) získám vzorec pro P:

$$P = P_{vzduch} + P_{loss} \quad (\text{R42})$$

Potřebuji určit možný rozsah klimatizace jak při použití výměníku souproutého, tak i protiproudého.

Začnu potřebným množstvím vody pro jeden souproutý radiátor:

$$q_{mVoda} = \frac{134 + 15,4 * 4 * 0,5 * 0,9}{4180 * (20 - 10)} = 3,87 * 10^{-3} \frac{kg}{s} = 13,94 \frac{kg}{hod} \quad (\text{R43})$$

Čísla: 4180 J/kg*°C měrná tepelná kapacita vody (14)

Respektive množstvím vody potřebným pro jeden protiproudý radiátor:

$$q_{mVoda} = \frac{134 + 19,1 * 4 * 0,5 * 0,8}{4180 * (20 - 10)} = 3,94 * 10^{-3} \frac{kg}{s} = 14,18 \frac{kg}{hod} \quad (\text{R44})$$

Množství vody, které je možné během hodiny použít je v m³ za hodinu. Proto jsem musel průtok, který jsem spočetl v kg za hodinu pomocí hustoty přepočítat na m³ za hodinu.

$$q_{VVoda} = \frac{q_{mVoda}}{\rho_{Voda}} = \frac{13,94}{998} = 1,397 * 10^{-2} \frac{m^3}{hod} \quad (R45)$$

Respektive pro protiproudý radiátor:

$$q_{VVoda} = \frac{q_{mVoda}}{\rho_{Voda}} = \frac{14,18}{998} = 1,421 * 10^{-2} \frac{m^3}{hod} \quad (R46)$$

Bohužel, jak je vidět, použití protiproudého způsobu nepřinese celkovou větší efektivitu chlazení. Lepší přenos tepla, který je ostatně reprezentován možností použití menšího radiátoru v protiproudé variantě je překonán větší intenzitou kondenzace, se kterou je tato varianta spojena.

Když je nyní známa hodinová potřeba vody na jeden radiátor, lze snadno spočítat kolik bytů může být chlazeno celkovým množstvím vody 0,7 m³ za hodinu pomocí souproudě řešených tepelných výměníků:

$$počet\ bytů = \frac{0,7}{0,01397} = 50,11 \doteq 50\ bytů \quad (R47)$$

Čísla: 0,7 m ³ /hod	množství TV spotřebované za hodinu podle kapitoly 4.2
0,03604 m ³ /hod	q _{VVoda} podle předchozí rovnice

Možnost klimatizovat 50 bytů znamená, že budou po fasádě vyvedeny tři dvojice vertikálních trubek, a to dvojice zásobující 3., 4. a 5. skupinu bytů. Tyto trubky budou v případě 3. a 4. skupiny dosahovat výše dvanáctého podlaží neboli jedenáctého patra, tedy až do nejvyššího patra. V 5. skupině budou trubky dosahovat pouze do přízemí neboli prvního podlaží.

Pomocí protiproudých tepelných výměníků bude moci být vychlazeno:

$$počet\ bytů = \frac{0,7}{0,01421} = 49,26 \doteq 49\ bytů \quad (R48)$$

Tedy o jeden byt méně než pomocí souproudých tepelných výměníků. Z toho plyne, že potrubí bude v této variantě rozmístěné stejně, s tím rozdílem, že v 5. skupině bude napojen v přízemí jen jeden z dvou bytů.

4.5 Ekonomický přínos

Na realizaci tohoto projektu je potřeba investovat do několika vstupů. Předně je to vodovodní potrubí potřebné k vyvedení studené vody z kotelny z trubky vedoucí do kotlů do bytů do radiátorů a potrubí, které tu samou vodu, pouze o 10 °C teplejší, přivede zpět do trubky vedoucí vodu do kotle. Dále budou potřeba samozřejmě radiátory, jejichž výpočtu se věnuje kapitola 4.3. a také budou potřeba vodovodní kohouty do kotelny a do bytů na ovládání celé soustavy. V případě realizace

protiproudé varianty budou též potřeba ventilátory, které zajistí proudění vzduchu správným směrem a přívod elektřiny pro ně.

Další peníze bude stát instalace nové vodovodní soustavy. Bude potřeba nainstalovat jak radiátory, tak i vodovodní trubky a případně ventilátory.

Výnosy, které tento projekt přinese jsou v zásadě tři. Prvním je úspora za plyn, kterého nebude muset být použito tolik k získání teplé vody, protože část práce za plyn odvede právě klimatizace. Druhou úsporou je úspora elektřiny za provoz konvenční klimatizace, kdy v okamžiku chodu nové vodní klimatizace nebude nutné klimatizovat klimatizací konvenční, případně pouze v omezené míře. Dokonce je možná i úspora z toho, že majitelé bytů se nebudou instalovat nové konvenční klimatizace a když jim staré doslouží, pouze je vyhodí (v současné době je v domě instalováno pouze několik klimatizačních jednotek). Třetí úsporou, se kterou budu počítat je tedy úspora z nenakoupení nové konvenční klimatizace, k jejímuž nahrazení je mimo jiné právě v této práci hodnocený systém určen. Jak je vidět dále, tato třetí úspora má na celkových úsporách zdaleka největší podíl.

4.5.1 Radiátor

Jak jsem uvedl v předchozí kapitole, navrhuji pro použití v novém systému klimatizace radiátory od firmy Korado, a. s. Jedná se o radiátory typu 20 s rozměry 900x500 mm pro použití jako souproudých výměníků, respektive o radiátory s rozměry 800x500 mm pro použití jako protiproudých výměníků. Tyto radiátory jsem nejlevněji našel na stránkách prodejce AAA pro dům s.r.o. a to za cenu 1083 Kč za kus respektive 1006 ks za kus (16), (17).

Za dopravu si prodejce účtuje prodejce podle hmotnosti nákladu (18). Protože radiátor 500x900 mm váží 16,47 kg (16) a radiátor 500x800 mm váží 14,79 kg (17). Prodejce umožňuje přepravit 50, 100, 200 300, 400, nebo 500 kg na jedné paletě (18). V případě radiátoru pro souproudý výměník nejlevněji vychází přepravit radiátory na jedné paletě 500 kg, jedné 300 kg a jedné 50 kg (30 radiátorů na 500 kg paletě, 18 radiátorů na 300 kg paletě a na poslední, 50 kg paletě, 2). V případě radiátoru pro protiproudý výměník nejlevněji vychází přepravit radiátory na jedné 500 kg paletě, jedné 200 kg paletě a jedné 50 kg (33 radiátorů na 500 kg paletě, 13 radiátorů na 200 kg paletě a na poslední, 50 kg paletě, 3). Doprava tak bude stát v prvním případě $2499 + 1399 + 529 = 4427$ Kč, respektive v druhém případě $2499 + 1199 + 529 = 4227$ Kč (18).

4.5.2 Potrubí

Rozhodl jsem se, že vodovodní trubky budou provedeny plastovými trubkami o průměru 50 mm a 25 mm. Padesátimilimetrové trubky budou použity pro hlavní vodovodní linku z kotelny na fasádu a po fasádě nahoru. Stejně trubky budou použity i pro směr opačný. Trubky 25 mm budou použity pro rozvody z fasády.

Pokud jde o délku potrubí. Bude potřeba táhnout potrubí po fasádě z úrovně suterénu do úrovně devátého patra, a navíc horizontálně z úrovně fasády k potrubí ke kotlům.

Následuje takové kratší zdůvodnění proč jsem ten který materiál zahrnul do výpočtu. Výsledný seznam lze nalézt v kapitole 4.5.5. Tento seznam představuje základ pro finanční rámec, ve kterém se budou při realizaci náklady na potrubí pohybovat.

Na překonání jednoho podlaží je potřeba překonat 2,8 m výšky (příloha 2). Na překonání horizontálního rozdílu mezi skupinou 3 a 4 i rozdílu mezi skupinou 4 a 5 je potřeba v obou případech 11,3 m potrubí. V případě překonávání mezi skupinou 3 a 4 je tato vzdálenost rozdělena na dvě po 5,65 metrech 45° rohem. Na překonání sklepních prostor budu počítat 9 m potrubí. To celé dvakrát, protože je potřeba dvoje potrubí.

Pro účely alespoň přibližného zjištění ceny nového vodovodního potrubí jsem se rozhodl použít nabídku potrubí a dalšího příslušenství z internetového obchodu AQUATOPSHOP.cz. V tomto obchodu nabízejí 3 - metrové a 4 – metrové kusy trubek (50 mm trubky pouze 4 – metrové).

Na každé překonání patra tedy bude potřeba jeden čtyřmetrový kus. Po odřezání kusů na fasádu zbude dostatečná délka trubek i na zbytek cesty do kotelny a překonání horizontálních vzdáleností. Protože je potřeba překonat 25 (12 + 12 + 1) pater tam i zpět a to v obou případech, je potřeba celkově koupit 2 * 25 tedy 50 čtyřmetrových 50 mm trubek, což znamená celkový nákup 200 m trubky. Pro přívod do bytů budou pro každý byt pořízeny dva třímetrové kusy 25 mm trubek, tedy celkově 100 respektive 98 kusů třímetrových trubek, tedy celkem 300 resp. 294 m.

Stejně tak nabízejí další příslušenství pro kompletaci rozvodu vody nové klimatizace jako jsou: spojky, T – kusy, přípojky na radiátory a kohouty.

Pro kompletaci potrubí bude kromě samotných trubek potřeba i sada v předchozím odstavci uvedeného příslušenství. Jsou jimi dva kusy T – kusů 50/25/50 mm na radiátor, které budou tvořit odbočky do bytů, stejně tak budou potřeba dva kusy topenářských přípojek k radiátoru a dva kusy přechodových kusů z PPR na mosaz, obojí pro každý jeden radiátor (radiátory typu Radik Klasik mají připojovací závity $G_{\frac{1}{2}}(15)$). Pro každý radiátor bude též potřeba jeden kohout 25 mm na ovládání klimatizace v bytech.

Dále budou potřeba kohouty na spouštění klimatizace v kotelně a přechody mezi starým a novým potrubím. Dále jsou potřeba ještě 4 T-kusy 50/50/50 mm pro zajištění odboček do dalších skupin bytů. Nakonec je potřeba 14 kusů rohových spojek pro průměr 50 mm a 2 kusy spojek 45° pro průměr 50 mm.

4.5.3 Ventilátory

Řešení ventilátorů pomocí protiproudého tepelného výměníku ke své funkci potřebuje ventilátory k usměrňování toku vzduchu kolem radiátoru a skrz něj. Jelikož ohřívaná voda bude proudit skrze radiátor ve směru, jež je v kapitole 4.3 nazván délkou, je potřeba zajistit proudění vzduchu ventilátory po celé „výšce“ radiátoru. Použité ventilátory také musí mít přesah nad a pod radiátor, aby zajistili proudění vzduchu nejen vnitřním prostorem radiátoru, ale i kolem vnějších ploch.

Kvůli použití ventilátorů, které ke svému fungování potřebují dodávku elektrické energie, vzniknou při použití protiproudého systému navíc náklady jak na připojení ventilátoru k elektrické síti, tak i náklady na dodávku elektrické energie.

Jako návrhový ventilátor je použit „Ventilátor potrubní malý zúžený Ø 150 mm“ s cenou 459 Kč za kus, životností 5000 hodin provozu, příkonem 24 W a hlučností 40 dB (19), což odpovídá hlučnosti běžného pozadí (20).

Ventilátorů je celkem potřeba 49. Na každý byt jeden.

Průměr mezi lety 2011 až 2019 říká, že počet tropických dní v roce je 12 (21). Z tohoto počtu dní vychází plánovaná intenzita používání. Z intenzity používání plyne i velikost nákladů a úspor souvisejících přímo s provozem jako je i spotřeba elektrické energie uvažovanými ventilátory. Dále jsou na intenzitě používání závislé úspory elektrické energie za nepoužívání běžné klimatizace a úspory za plyn na ohřev vody. Tyto úspory jsou probrány v kapitolách 4.5.6 a 4.5.7. Nakonec intenzita používání má vliv na životnost ventilátoru v letech. Od výrobce je udávána v hodinách (19). Klimatizace je plánována pro použití přes den, budu počítat s provozem od 9:00 do 21:00, tedy po dobu 12 hodin.

Protože jednotlivé byty mohou mít různé dodavatele elektrické energie, rozhodl jsem se uvažovat jako univerzálního dodavatele Pražskou energetiku. Jedná se o domácnosti, které elektřinu nepoužívají k ohřevu teplé vody, a proto nepochybně mají elektřinu podle distribuční sazby D02d.

Část platby za elektrickou energii, která je závislá na skutečně dodaném množství elektrické energie je rovna 4459,46 Kč/MWh (22).

49 ventilátorů podle výše uvedeného spotřebuje za rok průměrně následující množství elektřiny:

$$\begin{aligned} E_{vent} &= \text{počet ventilátorů} * \text{spotřeba ventilátoru} * \text{doba provozu} = \\ &= 49 * 24 * (12 * 12) = 0,169 \text{ MWh} \end{aligned} \quad (R49)$$

To znamená roční náklady ve výši:

$$\Delta P_{vent} = \text{cena} * E_{vent} = 4459,46 * 0,169 = 755 \frac{\text{Kč}}{\text{rok}} \quad (R50)$$

Protože k těmto nákladům bude docházet každý rok je i RCF rovno této částce.

Co se životnosti týče, při předpokládaném provozu 12 hodin denně 12 dní v roce znamená životnost 5000 hodin životnost $\frac{5000}{12 \cdot 12} = 34$ let. Jak je uvedeno v tabulce 3 v kapitole 4.5.5 životnost radiátorů je počítána na 10 let a potrubí na 50. Protože při výměně radiátoru až doslouží je možné, že bude třeba použít ventilátory s jinými parametry rozhodl jsem se snížit pro další výpočty životnost ventilátorů rovněž na 10 let.

K tématu intenzity používání je rovněž nutné podotknout, že v důsledku probíhajících klimatických změn se pravděpodobně bude do budoucna počet tropických dní, stejně jako teploty během nich, zvyšovat. Například závěrečná zpráva ze semináře „Budoucnost adaptací v Praze ve světle teplotních dopadů změn klimatu“ ve své 6. Příloze „Budoucí vývoj klimatu – změna teploty“ předpovídá v oblasti Stodůlek již v roce 2030 16 až 20 tropických dní v roce, respektive 21 až 25 tropických dní v roce 2050. V případě velké emisní zátěže předpovídá dokonce 26 až 30 tropických dní v roce 2050 (23). Stejná zpráva též předpovídá nárůst průměrných letních teplot v čase (23). To umožní jednak větší časovou využitelnost systému klimatizace a také podle rovnice (R2) umožní větší přehřev vody. To zvýší jak úsporu plynu, tak i teoretickou úsporu elektrické energie z nahrazení standardních klimatizací v kapitolách 4.5.6 a 4.5.7. Zároveň také dojde k nárůstu spotřeby elektrické energie ventilátory a pokud by dosáhl průměrný počet tropických dnů 42 nebo vyšší hodnoty, tak by 5000 hodin deklarované životnosti v současnosti navrhovaného ventilátoru již nestačilo ani na deset let provozu. Vyšší teploty vzduchu mohou také způsobit podle rovnice (R5) intenzivnější kondenzaci vodní páry a prohloubit s tím související problémy.

4.5.4 Diskont

Jelikož investorem je bytové družstvo, jako velikost diskontu jsem se rozhodl vzít úrokovou sazbu termínovaného vkladu, na který by peníze potřebné na realizaci systému například mohli být vloženy. Takový termínovaný vklad nabízí například J&T banka. Při použití střednědobého trvání vkladu 48 měsíců je nabízená úroková sazba 2 % p.a (24).

4.5.5 Celkové náklady

Následující tabulka konkrétně osvětluje náklady na jednotlivé položky i celkově, a to pro klimatizační soustavu řešenou souproudými tepelnými výměníky. Dále jsou v ní uvedeny hodnoty ročních ekvivalentních cash flow po položkách i v součtu.

Předmět	Prodej v	Cena za jednotku (Kč)	Počet jednotek	Cena (Kč)	Životnost (roky)	RCF
radiátor	ks	1083,00	50	54150,00	10	6028,33
PPR trubky 50 x 6,9 mm PN 16	m	88,10	200	17620,00	50	560,72
PPR trubky 25 x 3,5 mm PN 16	m	22,60	300	6780,00	50	215,76
kohout PPR 25 mm	ks	108,00	50	5400,00	50	171,85
kohout PPR 50 mm	ks	456,40	2	912,80	50	29,05
kohout mosazný 2"	ks	513,00	1	513,00	50	16,33
T - kus PPR 50/25/50 mm	ks	38,50	100	3850,00	50	122,52
T - kus PPR 50 mm jednoznačný	ks	46,00	4	184,00	50	5,86
T - kus mosazný 2"	ks	351,70	2	703,40	50	22,38
PPR koleno 45° 50mm	ks	33,30	2	66,60	50	2,12
rohová spojka 50 mm	ks	36,80	14	515,20	50	16,40
topenářské šroubení 1/2"	ks	51,30	100	5130,00	50	163,25
obrácená mosazná redukce 2" na 6/4"	ks	158,00	2	316,00	50	10,06
PPR přechodka 50 x 6/4" s kovovým závitem vnitřním	ks	249,90	2	499,80	50	15,91
PPR přechodka 25 x 1/2" s kovovým závitem vnitřním	ks	32,40	100	3240,00	50	103,11
instalace radiátorů	ks	770,00	50	38500,00	10	4286,07
instalace potrubí	m	100,00	194	19400,00	50	617,37
doprava radiátorů	X			4427,00	10	492,84
doprava potrubí				1150,00	50	36,60
Celkem				163357,80	X	12916,51

Tabulka 1: Náklady na zavedení nové klimatizace se souproudými tepelnými výměníky. Ceny jednotlivých položek pocházejí z následujících zdrojů (po řádcích): (16), (25), (26), (27), (28), (29), (30), (31), (32), (33), (34), (35), (36), (37), (38), (39), (40), (18), (41). Životnosti ze zdrojů: (16), (42)

Tento systém nemá žádné další udržovací náklady, náklady ve výše uvedené tabulce jsou kompletní náklady na položky rozebraný v kapitolách 4.1 až 4.3.

RCF nákladů při realizaci souproudé varianty tak je 12900 Kč.

Další tabulka má stejný účel a obsah jako tabulka předchozí, ovšem tentokrát pro klimatizační soustavu řešenou protiproudými tepelnými výměníky.

Předmět	Prodej v	Cena za jednotku (Kč)	Počet jednotek	Cena (Kč)	Životnost (roky)	RCF
radiátor	ks	1006,00	49	49294,00	10	5487,73
ventilátor	ks	459,00	49	22491,00	10	2503,84
PPR trubky 50 x 6,9 mm PN 16	m	88,10	200	17620,00	50	560,72
PPR trubky 25 x 3,5 mm PN 16	m	22,60	294	6644,40	50	211,45
kohout PPR 25 mm	ks	108,00	49	5292,00	50	168,41
kohout PPR 50 mm	ks	456,40	2	912,80	50	29,05
kohout mosazný 2"	ks	513,00	1	513,00	50	16,33
T - kus PPR 50/25/50 mm	ks	38,50	98	3773,00	50	120,07
T - kus PPR 50 mm jednoznačný	ks	46,00	4	184,00	50	5,86
T - kus mosazný 2"	ks	351,70	2	703,40	50	22,38
PPR koleno 45° 50mm	ks	33,30	2	66,60	50	2,12
rohová spojka 50 mm	ks	36,80	14	515,20	50	16,40
topenářské šroubení 1/2"	ks	51,30	98	5027,40	50	159,99
obrácená mosazná redukce 2" na 6/4"	ks	158,00	2	316,00	50	10,06
PPR přechodka 50 x 6/4" s kovovým závitem vnitřním	ks	249,90	2	499,80	50	15,91
PPR přechodka 25 x 1/2" s kovovým závitem vnitřním	ks	32,40	98	3175,20	50	101,05
instalace radiátorů	ks	770,00	49	37730,00	10	4200,35
instalace potrubí	m	100,00	240	24000,00	50	763,76
spotřeba elektřiny ventilátory	X			816	X	816,00
doprava radiátorů				4227,00	10	470,58
doprava potrubí				1150,00	50	36,60
Celkem				184950,80	X	15718,63

Tabulka 2: Náklady na zavedení nové klimatizace s protiproudými tepelnými výměníky. Ceny jednotlivých položek pocházejí z následujících zdrojů (po řádcích s výjimkou spotřeby elektřiny): (17), (19), (25), (26), (27), (28), (29), (30), (31), (32), (33), (34), (35), (36), (37), (38), (39), (40), (18), (41). Životnosti ze zdrojů: (17), (42)

RCF nákladů při realizaci protiproudé varianty tak je 15700 Kč.

4.5.6 Úspora plynu

Jako referenční dny jsem použil pro všední dny středu 26.6. 2013 a pro víkend sobotu 3.8. 2013 ve které byly změřeny hodinové spotřeby energie na ohřev teplé vody v bakalářské práci (43). V letním všedním dni tak budu počítat se spotřebou 1,85 GJ za den a o víkendu se spotřebou 1,57 GJ za den (43).

Protože týden má pět pracovních dní a dva dny víkendové rozpočítám 12 tropických dní z kapitoly 4.5.3 podle poměru 5:2, abych určil, kolik dní mám počítat jako všední a kolik jako víkendy.

$$všední\ dny = 12 * \frac{5}{5 + 2} = 8,57\ dne \quad (R51)$$

$$víkendy = 12 * \frac{2}{2 + 5} = 3,43\ dne \quad (R52)$$

Teplá voda se v bytovém domě vyhřívá na 50 °C. Při nepoužití nového systému klimatizace se tak voda v plynových kotlích ohřívá z 10 °C na 50 °C. Při jejím použití se bude voda ohřívát z 20 °C.

To přináší úsporu danou poměrem ušetřené části ohřevu k celkovému původnímu ohřevu:

$$\frac{20 - 10}{50 - 10}$$

Tedy bude uspořeno následující množství tepla:

Ve všední dny:

$$\Delta Q_1 = 1,85 * \frac{20 - 10}{50 - 10} = 0,463 \frac{GJ}{den} \quad (R53)$$

O víkendu:

$$\Delta Q_2 = 1,57 * \frac{20 - 10}{50 - 10} = 0,393 \frac{GJ}{den} \quad (R54)$$

To znamená celkově za rok uspořené teplo ve výši:

$$\Delta Q = 0,463 * 8,57 + 0,393 * 3,43 = 5,32 \frac{GJ}{rok} = 1,48 \frac{MWh}{rok} \quad (R55)$$

Cena za dodaný plyn je rozdělena do části za rezervovanou denní kapacitu – ta se nezmění – a do části za dodanou energii. Dodaná energie plynu od firmy Czech Energy s.r.o. měla pro bytový dům v roce 2019 cenu 587,65 Kč/MWh. Roční úspora za plyn tedy je:

$$\Delta P_{plyn} = 587,65 * 1,48 = 870 \frac{Kč}{rok} \quad (R56)$$

Protože k této úspoře bude docházet každý rok je i RCF rovno této částce.

4.5.7 Úspora elektřiny

Úspora elektřiny odpovídá úspoře za nepoužívání elektrické klimatizace k chlazení bytů. Jelikož nejsem schopen určit, jakým způsobem by obyvatelé bytů používali klimatizace, když nebude nahrazena, rozhodl jsem se být konzervativní a počítat pouze s úsporami za vychlazení bytu o 5 °C.

Ke zjištění množství ušetřené energie je potřeba zjistit účinnost nějaké referenční standardní klimatizace a množství energie, které by bylo potřeba na ochlazení vzduchu. Výkon potřebný na ochlazení vzduchu znám. Je spočten v kapitole 4.3 rovnicí (R26). Požadovaný výkon je 134 W.

Pro zjištění účinnosti klimatizace jsem se rozhodl použít jako referenční klimatizační zařízení „Hisense Mini Apple Pie (7,0 kW)+ WIFI“ která při jmenovitém chladícím výkonu 6,5 kW vyžaduje elektrický příkon 1,96 kW (44). Účinnost chlazení při jmenovitém výkonu je tak:

$$\frac{6,5}{1,96} = 332 \% \quad (R57)$$

Po přepočtení na stálý příkon při stálém výkonu 134 W je příkon:

$$P_{klíma} = \frac{134}{3,32} = 40,4 \text{ W} \quad (R58)$$

To znamená při úspoře 12-ti hodinového provozu 13 dní v roce úsporu energie ve výši:

$$E_{klíma} = 40,4 * 12 * 12 = 5818 \text{ Wh} = 5,818 * 10^{-3} \text{ MWh} \quad (R59)$$

Roční úspora výdajů za elektřinu neprovozováním konvenční klimatizace je tedy v případě realizace souproutého systému:

$$\Delta P_{klíma} = \text{cena} * E_{klíma} * \text{počet bytů} = 4459,46 * 5,818 * 10^{-3} * 50 = 1300 \frac{\text{Kč}}{\text{rok}} \quad (R60)$$

Protože k této úspoře bude docházet každý rok je i RCF rovno této částce.

V případě použití protiproudého systému chlazení bude samozřejmě počet bytů jiný, a tedy i velikost úspory bude jiná:

$$\Delta P_{klíma} = \text{cena} * E_{klíma} * \text{počet bytů} = 4459,46 * 5,818 * 10^{-3} * 49 = 1270 \frac{\text{Kč}}{\text{rok}} \quad (R61)$$

4.5.8 Náhrada elektrické klimatizace

Poslední úspora, kterou budu do výpočtu zahrnovat je úspora peněz vzniklá nezakoupením a neudržováním konvenční klimatizace. Pro určení velikosti této úspory jsem použil jako jednotný vzor klimatizace jinou klimatizaci než v předchozí kapitole a to model:

Daikin Comfora FTXP20M+RXP20M 2 kW s cenou 21520 Kč (45).

Co se týče životnosti klimatizace, jejíž alespoň přibližnou znalost potřebuji, firma Daikin uvádí ve svých materiálech průměrnou životnost klimatizace 14 let (46).

Na základě těchto údajů je možné pomocí rovnice (R14) spočítat velikost ekvivalentního ročního cash flow jedné klimatizační jednotky:

$$RCF_{náhrada} = 21520 * \frac{1}{\frac{1}{0,02} - \frac{1}{0,02 * (1 + 0,02)^{14}}} = 1777,60 \frac{Kč}{rok} \quad (R62)$$

Celková úspora nepoužitím klimatizačních jednotek je tato hodnota vynásobená počtem bytů chlazených novým systémem. V případě souproutého systému to znamená:

$$\Delta RCF_{náhrada} = RCF_{náhrada} * počet\ bytů = 1777,6 * 50 = 88900 \frac{Kč}{rok} \quad (R63)$$

A v případě protiproudého systému:

$$\Delta RCF_{náhrada} = RCF_{náhrada} * počet\ bytů = 1777,6 * 49 = 87100 \frac{Kč}{rok} \quad (R64)$$

4.5.9 Celkové úspory

V této části shrnu úspory plynoucí z instalace nového systému klimatizace pomocí RCF.

V případě použití souproutých tepelných výměníků jsou úspory následující (celkové úspory zaokrouhleny na stokoruny):

Úspora plynu:	870 Kč
Úspora elektřiny:	1300 Kč
Úspora nepoužitím elektrické klimatizace:	88900 Kč
Úspora celkem:	91000 Kč

A v případě použití protiproudých výměníků následující:

Úspora plynu:	870 Kč
Úspora elektřiny:	1270 Kč
Úspora nepoužitím elektrické klimatizace:	87100 Kč
Úspora celkem:	89200 Kč

Úspora z nepoužití běžné klimatizace v obou variantách tvoří naprostou většinu z celkových úspor.

Konkrétně je to $\frac{88900}{91000} = 97,6\%$ u souprouté varianty a taktéž $\frac{87100}{89200} = 97,6\%$ u protiproudé varianty.

4.5.10 Celková výnosnost projektu

Jak je již napsáno v kapitolách 4.5.5 a 4.5.9 realizace nové klimatizace v případě souprouté varianty tepelných výměníků bude mít přibližně následující náklady a přinese následující úspory:

$$RCF_{\text{náklady}} = 12900 \text{ Kč}$$

$$RCF_{\text{úspory}} = 91000 \text{ Kč}$$

Pokud by byla realizována varianta s protiproudými výměníky tepla jsou předpokládané náklady a úspory následující:

$$RCF_{\text{náklady}} = 15700 \text{ Kč}$$

$$RCF_{\text{úspory}} = 89200 \text{ Kč}$$

Jak je na první pohled vidět, v obou variantách je RCF úspor vyšší než RCF nákladů, a to konkrétně v případě souproudé varianty o $91000 - 12900 = 78100 \text{ Kč}$ respektive v případě protiproudé varianty o $89200 - 15700 = 73500 \text{ Kč}$. Jak je vidět, je výsledné RCF souproudé varianty o $78100 - 73500 = 4600 \text{ Kč}$ vyšší než RCF protiproudé varianty.

Za předpokladu, že náklady na vybudování klimatizace i na její údržbu ponese 50 respektive 49 bytů, jejichž klimatizování bude umožněno, bude příspěvek každého bytu do úvodní investice v případě souproudé varianty $\frac{163400}{50} = 3268 \frac{\text{Kč}}{\text{byt}}$ a průměrná roční úspora $\frac{78100}{50} = 1562 \frac{\text{Kč}}{\text{byt}}$. V případě protiproudé varianty bude úvodní investice $\frac{185000}{49} = 3776 \frac{\text{Kč}}{\text{byt}}$ a roční úspora $\frac{73500}{49} = 1500 \frac{\text{Kč}}{\text{byt}}$.

5 Závěr

Abych zjistil, zdali je projekt předeřevu pitné vody určené pro ohřev teplé vody pomocí klimatizace porovnal jsem RCF nákladů a RCF úspor pro všechny varianty, které jsem výše uvažoval. Pro připomenutí: jde o varianty rozlišující zaprvé pohyb chlazeného vzduchu jako přirozený, nebo uměle vyvolaný (souproudá a protiproudá varianta) a zadruhé varianty rozlišující umístění radiátoru vodorovné a kolmé k zemi.

Protože varianta vodorovná a kolmá k zemi mají posuzované technické vlastnosti shodné nebo velmi podobné snížilo se množství hodnocených variant na dvě: varianta souproudá a varianta protiproudá.

V této práci jsem zjistil, že uvažovaný projekt je v obou uvažovaných variantách ekonomicky výhodný. Konkrétně výsledné RCF souproudé varianty je 78700 Kč což je ještě o 5600 Kč více než výsledné RCF protiproudé varianty, které je 73100 Kč.

Dále jsem také zjistil, že ze 120 bytů v obytném době je v případě realizace souproudé varianty možné klimatizovat 50 bytů, zatímco v případě realizace protiproudé varianty o jeden byt méně, tedy 49.

Je důležité zaznamenat, že finanční výhodnost projektu stojí a padá s úsporou z nenakoupení běžné klimatizace.

Jeden byt po realizaci souproudé, případně protiproudé varianty ušetří v průměru 1560 Kč respektive 1500 Kč ročně.

6 Bibliografie

1. www.mapy.cz. [Online] seznam.cz. [Citace: 6. 1. 2020.]
<https://mapy.cz/zakladni?x=14.3333334&y=50.0461172&z=19>.
2. ČSN EN 305. *Výměníky tepla - Definování výkonnosti výměníků tepla a všeobecné metody zkoušek pro stanovení výkonnosti výměníků tepla*. Praha : ÚNMZ, účinnost od 06/1998.
3. Svoboda, Zbyněk. *Řešené příklady ze stavební fyziky: Šíření tepla konstrukcí, tepelná bilance prostoru a vlhkostní bilance vzduchu v ustáleném stavu*. [Online] [Citace: 25. 12. 2019.]
http://kps.fsv.cvut.cz/file_download.php?fid=4767.
4. Branda, Jan. *Mechanika - Termomechanika – Souproudý výměník tepla*. [Online] SOU plynárenské Pardubice. [Citace: 26. 12. 2019.]
<http://www.hb73.kvalitne.cz/Dokumenty/mechanika/ICT-2-57.pdf>.
5. Gruber, Josef. *Mechanika VI Termomechanika*. [Online] SPŠS a SOŠ profesora Švejcara, Plzeň. [Citace: 2. 4. 2020.]
http://www.spstr.pilsedu.cz/osobnistranky/josef_gruber/mec_uceb/mec6_txt.pdf.
6. ČSN 73 0540 - 4. *Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody*. Praha : ÚNMZ, účinnost od 07/2005.
7. *Termodynamika*. [Online] Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta Pedagogická, Oddělení fyziky. [Citace: 24. 12. 2019.] <https://kof.zcu.cz/vusc/pg/termo09/termodynamics/phase/phase3.htm>.
8. Bradley, Richard A., Myers, Stewart C. a Allen, Franklin. *Teorie a praxe Firemních financí*. Praha : Albatros media, 2014. IBSN 978-80-265-0028-5.
9. ČSN EN 665/Z1. *Větrání budov - Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov*. Praha : ÚNMZ, účinnost od 12/2009.
10. Malý, Jan. *Rekuperace tepla z odpadní vody*. Praha : ČVUT v Praze, Fakulta elektrotechnická, katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd, 2014. Bakalářská práce.
11. *Měsíční přehledy pozorování*. [Online] Český hydrometeorologický ústav. [Citace: 21. 12. 2019.]
<http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data>.
12. ČSN 73 0540 - 3. *Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha : ÚNMZ, účinnost od 06/1998.
13. 123 MAI – transport a akumulace vodní páry. [Online] FSv ČVUT. [Citace: 5. 5. 2020.]
<https://k123.fsv.cvut.cz/media/subjects/files/123MAI/cviceni-iv.pdf>.

14. František Běloun a kolektiv. *Tabulky pro základní školu*. 10. vydání. Praha : Prometheus, 2006. ISBN 978-80-7196-346-2.
15. Radik Klasik. [Online] Korado, a. s. [Citace: 26. 12. 2019.]
<https://www.korado.cz/produkty/radik/radik-klasik.html>.
16. KORADO RADIÁTOR RADIK KLASIK 20 500/900. [Online] AAA pro dům s.r.o. [Citace: 5. 5. 2020.]
<https://www.aaaproductum.cz/topeni-ohrev-vody/radiatory/deskove-radiatory/klasik-bocni/korado-radiator-radik-klasik-20-500-900.html?listtype=searchfulltext&searchparamfull=radik%20klasik%2020%20500>.
17. KORADO RADIÁTOR RADIK KLASIK 20 500/800. [Online] AAA pro dům s.r.o. [Citace: 5. 5. 2020.]
<https://www.aaaproductum.cz/topeni-ohrev-vody/radiatory/deskove-radiatory/klasik-bocni/korado-radiator-radik-klasik-20-500-800.html?listtype=searchfulltext&searchparamfull=radik%20klasik%2020%20500>.
18. Doprava a platby. [Online] AAA pro dům s.r.o. [Citace: 18. 4. 2020.]
<https://www.aaaproductum.cz/doprava-a-platby/>.
19. Ventilátor potrubní malý zúžený Ø 150 mm. [Online] ventilatory.cz. [Citace: 22. 4. 2020.]
<https://www.ventilatory.cz/ventilator-potrubni-maly-zuzeny-o-150-mm-x11828>.
20. Jak vybrat podle hlučnosti. [Online] Bydlím Lépe. [Citace: 1. 5. 2020.] <https://bydlimlepe.cz/jak-vybrat/jak-vybrat-podle-hlucnosti/>.
21. Tropické a ledové dny – Praha, Brno . [Online] faktaoklimatu.cz. [Citace: 15. 5. 2020.]
<https://docs.google.com/spreadsheets/d/105PpUjpl5T3Wz5oFMUQYBj-KaqAUU6zF-Vv-RQ1zj3E/edit#gid=979818322>.
22. Ceník platný od 1. 1. 2020 pro distribuční území PREdistribuce a. s. KOMFORT+ a GARANT. [Online] [Citace: 4. 1. 2020.] <https://www.pre.cz/Files/domacnosti/elektrina/seznam-produktu/komfort-garant/cenik-komfort-garant-predistribuce/>.
23. Závěrečná zpráva ze semináře BUDOUCNOST ADAPTACÍ V PRAZE VE SVĚTLE TEPLŮTNÍCH DOPADŮ ZMĚN KLIMATU. [Online] Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i. [Citace: 1. 5. 2020.]
<http://www.ecosystemservices.cz/userfiles/page/315/449f7c629175b116763f842e3e7d00ee.pdf>.
24. Termínované vklady. [Online] J & T BANKA, a.s. [Citace: 13. 5. 2020.]
https://www.jtbank.cz/produkty/terminovane-vklady.html?gclid=EAlaIqobChMI1pqD1uOx6QIVy-R3Ch3fJgR6EAAYASAAEgK2NvD_BwE.
25. PPR trubka 50 x 6,9 mm PN 16. [Online] AQUATOPSHOP.cz. [Citace: 3. 1. 2020.]
<https://www.aquatopshop.cz/PPR-trubka-50-x-6-9-mm-PN-16-d664.htm>.

26. PPR trubka 25 x 3,5 mm PN 16. [Online] AQUATOPSHOP.cz. [Citace: 3. 1. 2020.]
https://www.aquatopshop.cz/PPR-trubka-25-x-3-5-mm-PN-16-d656_1021644993.htm#detail-anchor-description.
27. PPR kulový kohout plastový 25mm. [Online] AQUATOPSHOP.cz. [Citace: 3. 1. 2020.]
<https://www.aquatopshop.cz/PPR-kulovy-kohout-plastovy-25mm-d438.htm>.
28. PPR kulový kohout plastový 50mm. [Online] AQUATOPSHOP.cz. [Citace: 3. 1. 2020.]
<https://www.aquatopshop.cz/PPR-kulovy-kohout-plastovy-50mm-d441.htm>.
29. Kulový kohout s pákou 2" FF s ucpávkou PN 25. [Online] AQUATOPSHOP.cz. [Citace: 3. 1. 2020.]
<https://www.aquatopshop.cz/Kulovy-kohout-s-pakou-2-FF-s-ucpavkou-PN-25-d303.htm>.
30. PPR T-kus redukovaný 50 x 25 x 50 mm. [Online] AQUATOPSHOP.cz. [Citace: 3. 1. 2020.]
<https://www.aquatopshop.cz/PPR-T-kus-redukovany-50-x-25-x-50-mm-d541.htm>.
31. PPR T-kus jednoznačný 50 mm. [Online] AQUATOPSHOP.cz. [Citace: 5. 5. 2020.]
<https://www.aquatopshop.cz/PPR-T-kus-jednoznacny-50-mm-d533.htm>.
32. Mosazný T-kus 2" FFF. [Online] AQUATOPSHOP.cz. [Citace: 3. 1. 2020.]
<https://www.aquatopshop.cz/Mosazny-T-kus-2-FFF-d73.htm#detail-anchor-description>.
33. PPR koleno 45° 50 mm. [Online] AQUATOPSHOP.cz. [Citace: 5. 5. 2020.]
<https://www.aquatopshop.cz/PPR-koleno-45-50-mm-d518.htm>.
34. PPR koleno 90° 50 mm. [Online] AQUATOPSHOP.cz. [Citace: 3. 1. 2020.]
<https://www.aquatopshop.cz/PPR-koleno-90-50-mm-d479.htm>.
35. Topenářské šroubení přímé s plochým těsněním 1/2". [Online] AQUATOPSHOP.cz. [Citace: 3. 1. 2020.]
<https://www.aquatopshop.cz/Topenarske-sroubeni-prime-s-plochym-tesnenim-1-2-d181.htm>.
36. Mosazná obrácená redukce 2"x6/4". [Online] AQUATOPSHOP.cz. [Citace: 3. 1. 2020.]
<https://www.aquatopshop.cz/Mosazna-obracena-redukce-2-x6-4-d275.htm>.
37. PPR přechodka 50x6/4" s kovovým závitem vnitřním. [Online] AQUATOPSHOP.cz. [Citace: 3. 1. 2020.]
<https://www.aquatopshop.cz/PPR-prechodka-50x6-4-s-kovovym-zavitem-vnitrnim-d368.htm>.
38. PPR přechodka 25x1/2" s kovovým závitem vnitřním. [Online] AQUATOPSHOP.cz. [Citace: 3. 1. 2020.]
<https://www.aquatopshop.cz/PPR-prechodka-25x1-2-s-kovovym-zavitem-vnitrnim-d364.htm>.

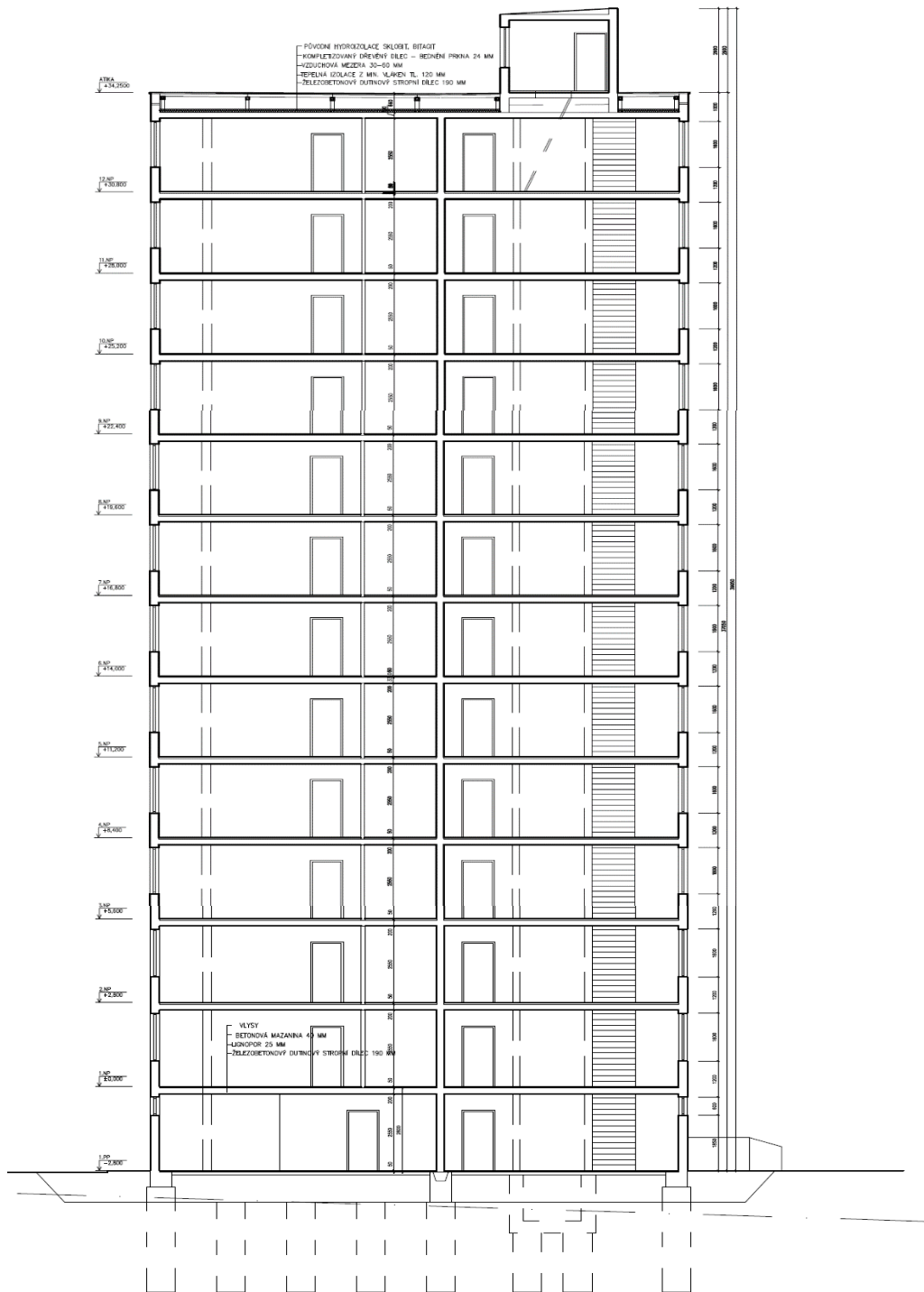
39. Topenáři. [Online] Ceníky řemesel. [Citace: 3. 1. 2020.]
<https://www.cenikyremesel.cz/ceniky/topenari>.
40. Ceník instalatérských prací. [Online] Instalatérství Novák. [Citace: 3. 1. 2020.]
<http://www.novak-instalater.wz.cz/cenik.htm>.
41. Doprava. [Online] AQUATOPSHOP.cz. [Citace: 3. 1. 2020.]
https://www.aquatopshop.cz/Doprava-a4_0.htm.
42. 5 důvodů proč si pořídit ppr potrubí. [Online] wawinacademy. [Citace: 6. 1. 2020.]
<https://www.wavinacademy.cz/produktova-doporuceni/5-duvodu-proc-si-poridit-ppr-potrubii/>.
43. Pilař, Martin. *Vyhodnocení provozu vlastní plynové kotelny v bytovém družstvu*. Praha : ČVUT v Praze, Fakulta elektrotechnická, katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd, 2014.
44. Hisense Mini Apple Pie (7,0 kW)+ WIFI. [Online] BENEFIT TERM s.r.o. [Citace: 4. 1. 2020.]
<https://www.klimalevne.cz/produkt/hisense-mini-apple-pie-70-kw-wifi/>.
45. Daikin Comfora FTXP20M+RXP20M 2 kW. [Online] BENEFIT TERM s.r.o. [Citace: 21. 4. 2020.]
<https://www.klimalevne.cz/produkt/daikin-comfora-ftxp20mrxp20m/>.
46. Často kladené otázky na téma klimatizace. [Online] Daikin Europe. [Citace: 21. 4. 2020.]
<http://www.cz-klimatizace.cz/files/dokumenty/faq-klimatizace-daikin.pdf>.
47. ČSN 75 5401. *Navrhování vodovodního potrubí*. Praha : ÚNMZ, účinnost od 01/2008.
48. Cílování inflace v ČR. [Online] Česká Národní Banka. [Citace: 3. 1. 2020.]
<https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/cilovani/>.
49. Měsíční data: Praha-Karlov 2011. [Online] Český hydrometeorologický ústav. [Citace: 3. 1. 2020.] <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data#>.
50. Metodické doporučení Státního zdravotního ústavu – Oddělení hygieny vody ke kontrole jakosti teplé vody (zvláště s ohledem na riziko přítomnosti legionel) podle § 3 odst. 3 zákona č. 258/2000 Sb. v platném znění. [Online] [Citace: 4. 1. 2020.]
<http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/tuv.pdf>.
51. standartní ceník pro smlouvy na dobu neurčitou od 1. 1. 2020. [Online] [Citace: 4. 1. 2020.]
https://www.ppas.cz/sites/default/files/ceniky/2019/01w_2020_01_Cen%C3%ADk_PPD_Standard_0.pdf.

Seznam příloh

1. Půdorysy jednotlivých pater obytného domu
2. Příčný řez obytného domu
3. Průběh teplot a míry kondenzace v tepelném výměníku
4. Závislost částečného tlaku nasycené vodní páry na teplotě

2. Příloha: Příčný řez obytného domu

PŘÍČNÝ ŘEZ A-A – STÁVAJÍCÍ STAV



VYPRACOVAL: Ing. Jan Salava	VED. PROJEKTANT: Ing. Jan Salava	SCHVÁLIL: Ing. Jan Salava	ING. JAN SALAVA KARENOVA 977/3, PRAHA 5 IČO: 74360531 TEL: 774 855 604
MŮ – OČ: PRAHA 13	FILE: ZAZVORKOVA.DWG		
STAVEBNÍK: BYTOVÉ DRUŽSTVO ZÁZVORKOVA 1995–1999, PRAHA 5	AKCE: OPRAVA A MODERNIZACE BYTOVÉHO DOMU ZÁZVORKOVA 1995–1999, PRAHA 5	A4: 8	DATUM: 26.4.2010
			STUPEŇ: PD
			MĚŘÍTKO: 1:100
			ZAKÁZKA: 12
OBSAH: PŘÍČNÝ ŘEZ A-A – STÁVAJÍCÍ STAV		ČÍSLO VÝKRESU: F1.2-05	REV.: 0

3. Příloha: Průběh teplot a míry kondenzace v tepelném výměníku

Souproudý tepelný výměník:

bod	teplota (°C)		částečný tlak (Pa)	M _{slw} (kg/m ² *s)
	voda	vzduch		
0	10,00	30,00	1249	2,640E-07
1	10,18	29,91	1263	2,568E-07
2	10,37	29,82	1277	2,497E-07
3	10,54	29,73	1291	2,427E-07
4	10,72	29,64	1305	2,358E-07
5	10,89	29,55	1320	2,290E-07
6	11,07	29,47	1334	2,224E-07
7	11,24	29,38	1348	2,158E-07
8	11,40	29,30	1362	2,094E-07
9	11,57	29,22	1376	2,031E-07
10	11,73	29,14	1389	1,969E-07
11	11,89	29,06	1403	1,908E-07
12	12,05	28,98	1417	1,848E-07
13	12,20	28,90	1431	1,790E-07
14	12,36	28,82	1444	1,732E-07
15	12,51	28,75	1458	1,676E-07
16	12,66	28,67	1471	1,620E-07
17	12,81	28,60	1485	1,566E-07
18	12,95	28,52	1498	1,513E-07
19	13,09	28,45	1512	1,461E-07
20	13,24	28,38	1525	1,410E-07
21	13,37	28,31	1538	1,360E-07
22	13,51	28,24	1551	1,311E-07
23	13,65	28,18	1564	1,263E-07
24	13,78	28,11	1577	1,217E-07
25	13,91	28,04	1590	1,171E-07
26	14,04	27,98	1603	1,126E-07
27	14,17	27,91	1616	1,082E-07
28	14,30	27,85	1628	1,039E-07
29	14,42	27,79	1641	9,98E-08
30	14,55	27,73	1653	9,57E-08
31	14,67	27,67	1666	9,17E-08
32	14,79	27,61	1678	8,78E-08
33	14,90	27,55	1691	8,40E-08
34	15,02	27,49	1703	8,03E-08
35	15,14	27,43	1715	7,67E-08
36	15,25	27,38	1727	7,32E-08
37	15,36	27,32	1739	6,98E-08
38	15,47	27,27	1751	6,64E-08
39	15,58	27,21	1762	6,32E-08

bod	teplota (°C)		částečný tlak (Pa)	M _{slw} (kg/m ² *s)
	voda	vzduch		
40	15,69	27,16	1774	6,00E-08
41	15,79	27,10	1786	5,69E-08
42	15,90	27,05	1797	5,39E-08
43	16,00	27,00	1809	5,10E-08
44	16,10	26,95	1820	4,82E-08
45	16,20	26,90	1831	4,55E-08
46	16,30	26,85	1843	4,28E-08
47	16,39	26,80	1854	4,03E-08
48	16,49	26,75	1865	3,78E-08
49	16,58	26,71	1876	3,54E-08
50	16,68	26,66	1886	3,30E-08
51	16,77	26,62	1897	3,08E-08
52	16,86	26,57	1908	2,86E-08
53	16,95	26,53	1918	2,65E-08
54	17,04	26,48	1929	2,45E-08
55	17,12	26,44	1939	2,25E-08
56	17,21	26,39	1949	2,06E-08
57	17,29	26,35	1960	1,88E-08
58	17,38	26,31	1970	1,71E-08
59	17,46	26,27	1980	1,54E-08
60	17,54	26,23	1990	1,38E-08
61	17,62	26,19	2000	1,23E-08
62	17,70	26,15	2009	1,09E-08
63	17,78	26,11	2019	9,53E-09
64	17,85	26,07	2029	8,23E-09
65	17,93	26,04	2038	7,01E-09
66	18,00	26,00	2048	5,87E-09
67	18,08	25,96	2057	4,80E-09
68	18,15	25,92	2066	3,82E-09
69	18,22	25,89	2075	2,91E-09
70	18,29	25,85	2084	2,09E-09
71	18,36	25,82	2093	1,37E-09
72	18,43	25,78	2102	7,51E-10
73	18,50	25,75	2111	2,63E-10
74	18,57	25,72	2120	0
75	18,63	25,68	2128	0
76	18,70	25,65	2137	0
77	18,76	25,62	2145	0
78	18,82	25,59	2154	0
79	18,89	25,56	2162	0

bod	teplota (°C)		částečný tlak (Pa)	M _{slw} (kg/m ² *s)
	voda	vzduch		
80	18,95	25,53	2170	0
81	19,01	25,50	2178	0
82	19,07	25,47	2187	0
83	19,13	25,44	2194	0
84	19,18	25,41	2202	0
85	19,24	25,38	2210	0
86	19,30	25,35	2218	0
87	19,35	25,32	2226	0
88	19,41	25,30	2233	0
89	19,46	25,27	2241	0
90	19,52	25,24	2248	0
91	19,57	25,22	2255	0
92	19,62	25,19	2263	0
93	19,67	25,16	2270	0
94	19,72	25,14	2277	0
95	19,77	25,11	2284	0
96	19,82	25,09	2291	0
97	19,87	25,07	2298	0
98	19,92	25,04	2305	0
99	19,96	25,02	2311	0
100	20,01	24,99	2318	-
			Součet	6,82E-06

Protiproudý tepelný výměník:

bod	teplota (°C)		částečný tlak (Pa)	M _{slw} (kg/m ² *s)
	voda	vzduch		
0	10,00	25,00	1249	2,399E-07
1	10,12	25,06	1258	2,360E-07
2	10,24	25,12	1267	2,320E-07
3	10,36	25,18	1277	2,281E-07
4	10,48	25,24	1286	2,242E-07
5	10,60	25,30	1296	2,203E-07
6	10,72	25,36	1305	2,165E-07
7	10,84	25,42	1315	2,126E-07
8	10,96	25,48	1325	2,088E-07
9	11,08	25,54	1334	2,049E-07
10	11,19	25,60	1344	2,011E-07
11	11,31	25,65	1354	1,973E-07
12	11,43	25,71	1364	1,936E-07
13	11,54	25,77	1373	1,898E-07
14	11,66	25,83	1383	1,861E-07
15	11,77	25,89	1393	1,823E-07
16	11,89	25,94	1403	1,786E-07
17	12,00	26,00	1413	1,749E-07
18	12,11	26,06	1423	1,713E-07
19	12,23	26,11	1433	1,676E-07
20	12,34	26,17	1443	1,640E-07
21	12,45	26,23	1453	1,604E-07
22	12,56	26,28	1463	1,568E-07
23	12,67	26,34	1473	1,532E-07
24	12,78	26,39	1483	1,497E-07
25	12,89	26,45	1493	1,462E-07
26	13,00	26,50	1503	1,427E-07
27	13,11	26,56	1513	1,392E-07
28	13,22	26,61	1524	1,357E-07
29	13,33	26,67	1534	1,323E-07
30	13,44	26,72	1544	1,289E-07
31	13,55	26,77	1554	1,255E-07
32	13,65	26,83	1565	1,221E-07
33	13,76	26,88	1575	1,188E-07
34	13,87	26,93	1586	1,154E-07
35	13,97	26,99	1596	1,122E-07
36	14,08	27,04	1606	1,089E-07
37	14,18	27,09	1617	1,056E-07
38	14,29	27,14	1627	1,024E-07
39	14,39	27,20	1638	9,92E-08

bod	teplota (°C)		částečný tlak (Pa)	M _{slw} (kg/m ² *s)
	voda	vzduch		
40	14,50	27,25	1648	9,61E-08
41	14,60	27,30	1659	9,30E-08
42	14,70	27,35	1669	8,99E-08
43	14,80	27,40	1680	8,68E-08
44	14,91	27,45	1691	8,37E-08
45	15,01	27,50	1701	8,07E-08
46	15,11	27,55	1712	7,78E-08
47	15,21	27,60	1723	7,48E-08
48	15,31	27,65	1733	7,19E-08
49	15,41	27,70	1744	6,90E-08
50	15,51	27,75	1755	6,62E-08
51	15,61	27,80	1766	6,33E-08
52	15,71	27,85	1777	6,06E-08
53	15,81	27,90	1787	5,78E-08
54	15,90	27,95	1798	5,51E-08
55	16,00	28,00	1809	5,24E-08
56	16,10	28,05	1820	4,98E-08
57	16,20	28,10	1831	4,72E-08
58	16,29	28,15	1842	4,47E-08
59	16,39	28,19	1853	4,22E-08
60	16,48	28,24	1864	3,97E-08
61	16,58	28,29	1875	3,73E-08
62	16,67	28,34	1886	3,49E-08
63	16,77	28,38	1897	3,25E-08
64	16,86	28,43	1908	3,03E-08
65	16,96	28,48	1919	2,80E-08
66	17,05	28,52	1930	2,58E-08
67	17,14	28,57	1941	2,37E-08
68	17,23	28,62	1952	2,16E-08
69	17,33	28,66	1964	1,96E-08
70	17,42	28,71	1975	1,76E-08
71	17,51	28,76	1986	1,57E-08
72	17,60	28,80	1997	1,39E-08
73	17,69	28,85	2008	1,21E-08
74	17,78	28,89	2020	1,04E-08
75	17,87	28,94	2031	8,78E-09
76	17,96	28,98	2042	7,23E-09
77	18,05	29,03	2053	5,78E-09
78	18,14	29,07	2065	4,43E-09
79	18,23	29,11	2076	3,19E-09

bod	teplota (°C)		částečný tlak (Pa)	M _{slw} (kg/m ² *s)
	voda	vzduch		
80	18,32	29,16	2087	2,07E-09
81	18,40	29,20	2099	1,11E-09
82	18,49	29,25	2110	3,45E-10
83	18,58	29,29	2122	0
84	18,67	29,33	2133	0
85	18,75	29,38	2144	0
86	18,84	29,42	2156	0
87	18,92	29,46	2167	0
88	19,01	29,50	2179	0
89	19,09	29,55	2190	0
90	19,18	29,59	2202	0
91	19,26	29,63	2213	0
92	19,35	29,67	2225	0
93	19,43	29,72	2236	0
94	19,51	29,76	2248	0
95	19,60	29,80	2259	0
96	19,68	29,84	2271	0
97	19,76	29,88	2283	0
98	19,84	29,92	2294	0
99	19,93	29,96	2306	0
100	20,01	30,00	2317	-
			Součet	8,44E-06

4. Příloha: Závislost částečného tlaku nasycené vodní páry na teplotě

Tabulka hodnot pro aproximaci (hodnoty převzaty z (6) (viz seznam zdrojů v hlavní části práce)):

teplota (°C)	částečný tlak (Pa)
10,0	1228
10,5	1269
11,0	1312
11,5	1357
12,0	1402
12,5	1449
13,0	1497
13,5	1547
14,0	1598
14,5	1651
15,0	1704
15,5	1760
16,0	1817
16,5	1876
17,0	1937
17,5	1999
18,0	2063
18,5	2129
19,0	2196
19,5	2262
20,0	2337
20,5	2410
21,0	2485
21,5	2563
22,0	2642
22,5	2723
23,0	2807
23,5	2893
24,0	2982
24,5	3072
25,0	3165
25,5	3260
26,0	3358
26,5	3458
27,0	3562
27,5	3667
28,0	3776
28,5	3886
29,0	4001
29,5	4118
30,0	4238
30,5	4360

