

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Stavba energetických strojů a zařízení

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Náhrada plynového kotle tepelným čerpadlem vzduch – voda pro vytápění
rodinného domu po jeho zateplení

Autor: **Vít HUBÁLEK**
Vedoucí práce: **Prof. Ing. Radim MAREŠ, CSc.**
Odborný konzultant: **Prof. Ing. Radim MAREŠ, CSc.**

Akademický rok 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vít HUBÁLEK**
Osobní číslo: **S15B0095P**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Stavba energetických strojů a zařízení**
Název tématu: **Náhrada plynového kotle tepelným čerpadlem vzduch - voda pro vytápění rodinného domu po jeho zateplení**
Zadávací katedra: **Katedra energetických strojů a zařízení**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je porovnání příkonu plynového kotle s příkonem tepelného čerpadla v monovalentním provozu, které bude zapojeno do původního otopného systému rodinného domu a současně bude provedeno zateplení domu. Bude provedeno porovnání pro venkovní teploty v rozsahu $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ odstupňované po $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vnitřní teplota bude $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Původní obvodové zdivo domu o tloušťce 450 mm zhotovené z cihel bude zatepleno fasádním polystyrenem 70F 100 mm.

Poznámka:

Tepelné čerpadlo vyžaduje nízkoteplotní otopný systém, proto se standardně volí podlahové vytápění. Bakalářská práce však řeší případ, kdy se nahradí kotel tepelným čerpadlem, tepelné čerpadlo se připojí na stávající radiátory a současně se provede zateplení objektu.

Obsah bakalářské práce:

Pro výše uvedené venkovní teploty a pro zadanou vnitřní teplotu v domě stanovte:

- tepelné ztráty nezatepleného domu,
- tepelné ztráty zatepleného domu,
- teploty otopných ploch (radiátorů),
- příkon jednostupňového tepelného čerpadla s chladivý: R134A, R410A, R404A, R407H,
- poměr příkonu tepelného čerpadla k příkonu plynového kotle a k tomu i odpovídající poměr nákladů na vytápění tepelným čerpadlem k nákladům na vytápění plynovým kotlem.

Rozsah grafických prací: schéma zapojení tepelného čerpadla, grafy
Rozsah kvalifikační práce: 30 - 40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

- Dvořák Z., Petrák J., Klazar L.: Tepelná čerpadla, SNTL Praha, 1958
- Bašta J.: Otopné plochy - otopná tělesa, ČVUT Praha, 2016
- ČSN EN 12831: Tepelné soustavy v budovách, výpočet tepelného výkonu
- Hejný M.: Tepelné čerpadlo země - voda (bakalářská práce), ZČU Plzeň, 2008
- Webové stránky: <http://vytapani.tzb-info.cz>
- REFPROP, Reference Fluid Thermodynamics and Transport Properties, NIST Standard Reference Database

Vedoucí bakalářské práce: Prof. Ing. Radim Mareš, CSc.
Katedra energetických strojů a zařízení
Konzultant bakalářské práce: Prof. Ing. Radim Mareš, CSc.
Katedra energetických strojů a zařízení

Datum zadání bakalářské práce: 30. října 2017
Termín odevzdání bakalářské práce: 21. května 2018



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



Dr. Ing. Jaroslav Synáč
vedoucí katedry

V Plzni dne 20. října 2017

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Příjmení Hubálek	Jméno Vít	
STUDIJNÍ OBOR	2301R016 „Stavba energetických strojů a zařízení“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Prof. Ing. Mareš,CSc.	Jméno Radim	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKE		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Náhrada plynového kotle tepelným čerpadlem vzduch – voda pro vytápění rodinného domu po jeho zateplení		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKE	ROK ODEVZD.	2018
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	161	TEXTOVÁ ČÁST	158	GRAFICKÁ ČÁST	3
---------------	-----	---------------------	-----	----------------------	---

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Bakalářská práce pojednává o náhradě plynového kotle tepelným čerpadlem vzduch-voda. V práci je proveden výpočet tepelných ztrát neizolovaného a izolovaného domu, topného faktoru jednotlivých chladiv a porovnání dodaného tepla a nákladů na provoz. V teoretické části je popsán základní parní okruh s různými druhy variací. Dále jsou popsány různé druhy tepelných čerpadel. Zároveň jsou zmíněny různé poznatky, které by mohli zajímat člověka uvažujícího nad výměnou plynového kotle tepelným čerpadlem.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">Tepelné čerpadlo, chladivo, tepelná ztráta, okruh tepelného čerpadla, náklady na provoz</p>

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Hubálek	Name Vít	
FIELD OF STUDY	2301R016 “ Design of Power Machines and Equipment“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Prof. Ing. Mareš,CSc.	Name Radim	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKE		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Replace of gas boiler for heat pump air water for heating family house after its insulate.		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Power System Engineering	SUBMITTED IN	2018
----------------	------------------------	-------------------	--------------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	161	TEXT PART	158	GRAPHICAL PART	3
----------------	-----	------------------	-----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	<p>This bachelor thesis deals about replace of gas boiler for heat pump air water. There are done calculation of heat loss for insulation and non-insulation house, coefficient of performance for individually refrigerants and comperation of heat performance and cost for usage.</p> <p>There are in teoretical part a basic heat cycle with different variations. There are described also different types of heat pump. Also there a few knowledges, which can interest a man, who speculate about replacing gas boiler for heat pump.</p>
KEY WORDS	Heat pump, refrigerant, heat loss, heat pump cycle, cost for usage

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat mému vedoucímu práce, panu Prof. Ing. Radimu MAREŠOVI, CSc., který se mnou měl při tvorbě této bakalářské práce mnoho trpělivosti při nespočtech dotazů, snažil se mi poskytnout co nejvíce studijních materiálů a vždy mi vyšel vstříc podle mých časových potřeb. Také bych chtěl poděkovat panu Ing. Vladimíru KŘENEKOVI, který mi také pomohl s některými mými dotazy vzniklými během tvorby práce.

Zároveň chci poděkovat celé své rodině a přátelům, kteří se mi snažili maximálně pomoci a podpořit v těch nejtěžších chvílích během celého studia a i při tvorbě této práce. Jsem jim velmi vděčný.

1 Obsah

2	Přehled použitých označení a jednotek	10
2.1	Dolní indexy	11
3	Úvod	13
4	Princip tepelného čerpadla	15
5	Popis jednotlivých komponentů	17
5.1	Výměníky	17
5.1.1	Výparník	18
5.1.2	Kondenzátory	19
5.2	Kompresor	19
5.3	Škrťící ventil	21
6	Topný faktor	22
6.1	Vysvětlení změny topného faktoru pomocí výpočtu jeho hodnot	22
6.2	Vysvětlení změny topného faktoru pomocí Carnotova cyklu	24
7	Další varianty uspořádání tepelných oběhů	26
7.1	Podchlazení kapalného chladiva	26
7.2	Vícestupňové a kaskádové zapojení	27
8	Druhy tepelných čerpadel	30
8.1	Zdroj nízkopotenciálního tepla ze vzduchu	30
8.2	Zdroj nízkopotenciálního tepla z vody	31
8.2.1	Povrchová voda	32
8.2.2	Podzemní voda	32
8.2.3	Vodní kolektory	33
8.3	Zdroj nízkopotenciálního tepla ze země	34
8.3.1	Hlubinné vrty	34
8.3.2	Povrchové kolektory	34
9	Bivalentní zdroj tepla	36
10	Ekvitermní regulace - regulátory	37
11	Chladící media	39
11.1	Neazeotropní směsi	41
12	Ekonomické výhody tepelného čerpadla	43
12.1	Kotlíkové dotace	43
12.2	Tarifní sazby za vytápění tepelným čerpadlem	44
13	Norma ČSN EN 12 831 - výpočet topného výkonu pro vytápěný prostor	45
13.1	Návrhový tepelný výkon budovy	45
13.2	Návrhová tepelná ztráta prostupem	45

13.3	Návrhová tepelná ztráta větráním	45
13.4	Zátopový tepelný výkon	46
13.5	Výpočet součinitele prostupu tepla pro rovinnou stěnu.....	46
14	Výpočet otopného tělesa dle normy ČSN EN 442	48
14.1	Výpočet skutečného tepelného výkonu otopného tělesa.....	48
14.2	Výpočet opravného součinitele na teplotní rozdíl.....	49
15	Výpočtová část	51
15.1	Výpočet topného výkonu rodinného domu	51
15.1.1	Součinitel prostupu tepla stavební části U_k	52
15.1.2	Plocha stavební části A_k	56
15.1.3	Stanovení jednotlivých součinitelů f_k , n_{min} , f_{RH}	56
15.2	Stanovení topného výkonu pro jednotlivé místnosti nezatepleného objektu.....	56
15.3	Stanovení topného výkonu pro jednotlivé místnosti zatepleného objektu.....	58
15.4	Stanovení potřebného výkonu jednotlivých radiátorů a jeho vstupních a výstupních teplot po zateplení objektu.....	61
15.5	Stanovení topného faktoru a výkonu tepelného čerpadla	68
15.5.1	Stanovení hodnoty h_{c1}	70
15.5.2	Stanovení hodnoty h_{c3}	70
15.5.3	Stanovení hodnoty h_{c2}	70
15.6	Stanovení poměrů příkonů a nákladů	75
16	Závěrečné zhodnocení	79
17	Seznamy	81
17.1	Odborná literatura, prezentace	81
17.2	Internetové zdroje	81
17.3	Seznam obrázků	84
17.4	Seznam tabulek	85
17.5	Seznam příložených výkresů	85
17.6	Seznam příloh	86

2 Přehled použitých označení a jednotek

Označení	Jednotky	Název veličiny
A	[J]	mechanická práce
a	[J·kg ⁻¹]	měrná mechanická práce
A _i	[m ²]	podlahová plocha vytápěného prostoru
A _k	[m ²]	plocha stavební části
A _t	[J]	technická práce
a _t	[J·kg ⁻¹]	měrná technická práce
C		konstanta
c	[J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	měrná tepelná kapacita
δ	[m]	tloušťka materiálu
ε	[-]	chladicí faktor
ε _t	[-]	topný faktor
F	[N]	síla
f _k	[-]	teplotní korekční součinitel pro stavební části
f _{RH}	[-]	zátopový součinitel
H	[J]	entalpie
h	[J·kg ⁻¹]	měrná entalpie
int3	[-]	hodnota interpolace 3
intk2	[-]	hodnota interpolace k2
intl2	[-]	hodnota interpolace l2
θ	[°C]	teplota
θ _{int}	[°C]	teplota interiéru
k	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	koeficient součinitele prostupu tepla
λ	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	součinitel tepelné vodivosti
ṁ	[kg·s ⁻¹]	hmotnostní tok
ṁ _r	[kg·s ⁻¹]	hmotnostní tok v radiátorech
n	[-]	exponent typu otopného tělesa
n _{min}	[hod ⁻¹]	nejmenší intenzita výměny venkovního vzduchu
P	[W]	příkon
P _{roč}		přepočet výkonu na MWh
p	[Pa]	tlak
Q	[J]	teplo, tepelný výkon tělesa
q	[J·kg ⁻¹]	měrné teplo
Q̇	[W]=[J·s ⁻¹]	tok tepla, „energie za sekundu“
R	[m ² ·K·W ⁻¹]	odpor při přestupu tepla
σ	[-]	tlakový spád
S _L	[m ²]	velikost teplosměnné plochy
s	[J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	měrná entropie
t	[°C]	teplota
t _D	[°C]	teplota vzduchu v místnosti
t _{w1}	[°C]	teplota na vstupu do otopné plochy
t _{w2}	[°C]	teplota na výstupu z otopné plochy
t _{wm}	[°C]	střední teplota vody v otopném tělese
ΔT _S	[°C]	střední logaritmický teplotní spád
Δt	[°C]	změna teploty v radiátorech
Δt _{ar}	[°C]	aritmetický rozdíl teplot
Δt _{ln}	[°C]	logaritmický rozdíl teplot

$\delta t_{\text{kondenzátor}}$	[°C]	stanovený teplotní rozdíl v kondenzátoru
$\delta t_{\text{výparník}}$	[°C]	stanovený teplotní rozdíl ve výparníku
U	[J]	vnitřní energie
U_k	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	součinitel prostupu tepla stavební části
u	[J·kg ⁻¹]	měrná vnitřní energie
V	[m ³]	objem
v	[m ³ ·kg ⁻¹]	měrný objem
X	[-]	suchost
x	[m]	rozměr x
ϕ_{HL}	[W]	tepelný výkon budovy
ϕ_{RH}	[W]	zátopový tepelný výkon
ϕ_{T}	[W]	tepelná ztráta prostupem
ϕ_{V}	[W]	tepelná ztráta větráním
$\phi_{\Delta t}$	[-]	opravný součinitel na teplotní rozdíl
ϕ_x	[-]	opravný součinitel na připojení tělesa
ϕ_o	[-]	opravný součinitel na úpravu okolí
ϕ_n	[-]	opravný součinitel na počet článků
ϕ_{ap}	[-]	opravný součinitel na umístění tělesa v prostoru
Z		substituce z

2.1 Dolní indexy

Označení	Název veličiny
-20	venkovní teplota -20 °C
-15	venkovní teplota -15 °C
-12	venkovní teplota -12 °C
-10	venkovní teplota -10 °C
-5	venkovní teplota -5 °C
0	venkovní teplota 0 °C
1	stav 1 (znázorněno u grafu)
1'	stav 1' (znázorněno u grafu)
1.1	místnost 1.1.
1.2	místnost 1.2.
1.3	místnost 1.3.
1.4	místnost 1.4.
1.5	místnost 1.5.
1.6	místnost 1.6.
1.7	místnost 1.7.
2	stav 2 (znázorněno u grafu)
2'	stav 2' (znázorněno u grafu)
2.1	místnost 2.1.
2.2	místnost 2.2.
2.3	místnost 2.3.
2.4	místnost 2.4.
2.5	místnost 2.5.
2.6	místnost 2.6.
3	stav 3 (znázorněno u grafu)
3'	stav 3' (znázorněno u grafu)
4	stav 4 (znázorněno u grafu)
4'	stav 4' (znázorněno u grafu)

5	venkovní teplota 5 °C
10	venkovní teplota 10 °C
15	venkovní teplota 15 °C
ar	aritmetický rozdíl teplot
c1	stav 1 cyklu základního parního
c2	stav 2 cyklu základního parního
c3	stav 3 cyklu základního parního
c4	stav 4 cyklu základního parního
dveře	dolní index pro prostup tepla dveřmi
e	venkovní
i	označení místnosti
iz	izolovaný, zateplený dům
j	označení části místnosti
k	kondenzace; index sloupce při stanovení hodnot chladiva
k1	zeď 1
k2	zeď 2
l	index řádku při stanovení hodnot chladiva
ln	logaritmický rozdíl teplot
m	střední
max	maximální
N	jmenovité, normalizované
N1	výkon a teploty tělesa při teplotním spádu 90/70/20 °C
N2	výkon a teploty tělesa při teplotním spádu 55/45/20 °C
nez	neizolované, nezateplený dům
o	vypařování
okno	dolní index pro prostup tepla oknem
podlaha	dolní index pro prostup tepla podlahou
R134A	chladivo R134A
R404A	chladivo R404A
R407H	chladivo R407H
R410A	chladivo R410A
s	stěna
si	dolní index pro vnitřní součinitel přestupu tepla
se	dolní index pro vnější součinitel přestupu tepla
střecha	dolní index pro prostup tepla střechou
T	teplota
t	tekutina
zdroj	zdroj tepla
zeď sever	severní zeď
zeď západ	západní zeď
zeď východ	východní zeď
zeď jih	jižní zeď

3 Úvod

Se stále se zvětšujícím počtem lidské populace vyžaduje lidstvo stále více energie pro fungování civilizovaného světa. Ať už se jedná o přepravu, výrobu, vytápění, apod. Zároveň s tím se zvětšuje spotřeba neobnovitelných zdrojů. V posledních desetiletích se lidstvo snaží najít alternativní zdroje tepla, nejlépe taková, která nebudou závislá na neobnovitelných zdrojích energie. Ideální představa budoucnosti je získat energii z obnovitelných zdrojů, ať už se jedná o zdroje ze Slunce, z větru, z vody apod. Takto získanou energii by bylo ideální shromažďovat a používat ji pouze v případě potřeby (samozřejmě s minimální ztrátou na přenosech).

Jedním z důležitých faktorů při získávání energie je ekologičnost zdroje. Při spalování fosilních paliv do vzduchu vypouštíme CO₂. V dnešní době se vedou velké vědecké debaty, jak moc velký má tento plyn vliv na přírodní ekosystém a oteplování planety. Při jaderném získávání energie je nutné řešit problém s uloženíím či s recyklací radioaktivního odpadu, jehož záření má velmi neblahé účinky na lidský, zvířecí či rostlinný organismus. Také o tom se vedou vášnivé vědecké diskuze.

U obnovitelných zdrojů energie také nastává problém s ekologií. Například u vodních elektráren či přehrad se při stavbě takto velkého komplexu jedná o veliký zásah do přírodní krajiny a ekosystému. Klademe-li živočichům žijícím ve vodě do cesty překážky, či přivádíme do jejich přirozeného prostředí něco jiného, než na co byli tisíce let před tím zvyklí, jejich adaptace na tak velkou změnu je pomalá. Proto podle posledních výzkumů v tocích, na nichž se objevují průmyslové stavby, počet žijících živočichů klesá a tím se narušuje ekologická rovnováha.

Větrné elektrárny jsou také stavby velmi náročné a drahé na výrobu. Platí zde podobný ekologický problém jako u elektráren vodních. Jedná se navíc často o velmi zásadní zásah do krajiny. Častá omezení bývají také z hlediska hluku a bezpečnosti. U slunečních panelů či kolektorů nastává zase problém s recyklací vysloužilého panelu. Dnes již existují specializované firmy, které jsou schopny recyklovat až 95% materiálu. Ovšem účinnost solárních panelů je stále nízká oproti ostatním zdrojům. [27]

Velkým problémem všech obnovitelných zdrojů energie je v neposlední řadě také to, že nejsou schopny dávat energii "bez přestávky". Sluneční panely fungují pouze za světla, větrné potřebují kinetickou energii větru, vodní zase potřebují cirkulaci vody. Za velmi užitečné považují přečerpávací elektrárny (např. Dlouhé stráně), které jsou schopny přeměnit elektrickou energii na mechanickou a zase zpět, čímž je schopna zachovat energii (samozřejmě s určitými ztrátami).

Z tohoto důvodu se člověk ve svých vynálezech snaží zohledňovat i faktor úspory energie. Chtěli bychom za co nejméně peněz získat co nejvíce energie a být ekologičtí. Proto spousta dnešních rodin či firem provádí zateplování objektů (ať už starých či novostaveb), výměnu oken za plastová s menším součinitelem tepelné vodivosti, či výměnu kotlů na fosilní paliva za například právě tepelná čerpadla, která jsou hlavní náplní této práce.

V teoretické části je ukázán a popsán základní princip tepelného čerpadla včetně základního zapojení. Dále jsou v práci ukázány a popsány další možné zapojení tepelného čerpadla či chladicí techniky. Jelikož tepelné čerpadlo používá více zdrojů tepla než pouze vzduchu, jsou v práci popsány i jeho alternativní zdroje. Cyklus tepelného čerpadla, ať už je jakýkoli, v sobě obsahuje chladivo, které do sebe absorbuje a vydává ze sebe teplo. Z toho důvodu jim je rovněž věnována část této práce.

Důležitým ukazatelem výhodnosti tepelného čerpadla je topný faktor, který je vypočítán na základě termodynamických vzorců. V práci jsou tyto vzorce popsány a je na nich osvětlen důvod, proč je výrobci uváděn topný faktor v určitém rozhraní.

Kvůli samotnému výpočtu bylo třeba navrhnout rodinný dům se všemi potřebnými parametry. Inspirací tohoto objektu, jehož výkresy jsou uvedeny v příloze, byl rodinný dům rodičů autora této práce. Samotný výpočet tepelných ztrát rodinného domu byla modelová úloha, která uvažovala konstantní denní teplotu a zároveň stejnou teplotu (20 °C) ve všech pokojích. Byl proveden zjednodušený výpočet tepelných ztrát dle zdroje ČSN EN 12831.

Pro výpočet tepelných ztrát domu či výpočtu otopných ploch bylo snahou postupovat vždy co nejvíce dle termínů uvedených v normě [5]. Některé hodnoty, jako například hodnota prostupu tepla u dveří, lze dnes nalézt ve výhodnějších číslech z důvodu toho, že výrobci se snaží své výrobky stále zdokonalovat. Norma ČSN EN 73054-2 [4] uvádí požadované a doporučené hodnoty prostupů tepla stavební konstrukce. Jelikož se jedná o modelovou úlohu a maximální snahou bylo dodržet zadání bakalářské práce, nebyl na tuto normu brán zřetel. O její existenci a použití je však nezbytně nutné vědět při skutečném navrhování staveb.

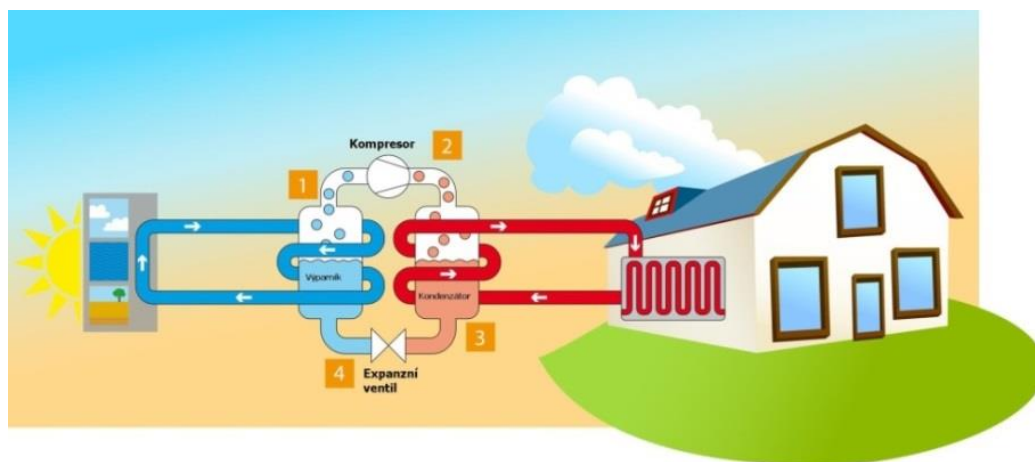
Vzhledem k zadání práce bylo po konzultacích s vedoucím práce domluveno, že tepelný zdroj bude uvažován pouze pro vytápění rodinného domu, resp. pokrytí jeho tepelné ztráty, nikoli například k ohřevu teplé užitkové vody. Ta je získávána pomocí jiného zdroje energie. Zároveň tepelné čerpadlo pracuje jako monovalentní, tedy bez záložního zdroje.

Výpočet byl proveden pomocí programu Microsoft Excel. Tímto programem byly pomocí odkazových polí prováděny jednotlivé výpočty s přesností na 13 desetinných míst. V této práci jsou ukázkové výpočty, v nichž jsou dosazeny hodnoty s přesností na 3 desetinná místa. Znak znamená \approx , že výsledek napsaného výrazu je zaokrouhlen na počet zobrazených desetinných míst, nicméně je s touto hodnotou i nadále počítáno s přesností na 13 desetinných míst. Je to tak z toho důvodu, že jsou na tomto výsledku navázány další výpočty a díky vysokému počtu desetinných míst klesá zaokrouhlovací chyba výsledku.

4 Princip tepelného čerpadla

Dříve se jednalo o tzv. netradiční energetiku, v poslední době však došlo k jejímu velkému rozvoji a stále se rozšiřuje. Jedná se o využívání nízkopotencionálních tepel různých technologických pochodů, která se dříve považovala za tepla odpadní. Snažíme se snížit energetickou náročnost technologických pochodů a vytvořit účinný systém přeměny a přenosu energie.

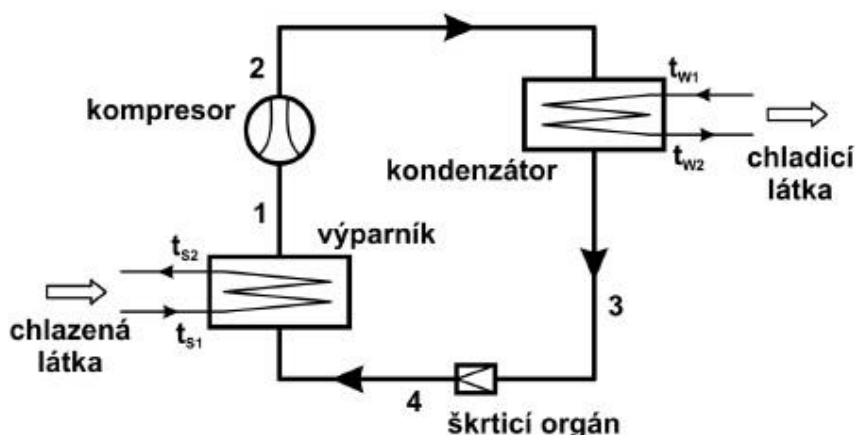
Princip tepelného čerpadla je velmi jednoduchý. Snažíme se z okolí odebrat co nejvíce tepelné energie za cenu co nejmenší námi vložené energie do systému. Jinými slovy se snažíme nízkopotencionální teplo získané ekologicky-energetickým zdrojem přeměnit na teplo s vysokou tepelnou hodnotou, které nám poslouží pro vytápění domu, na ohřev užitkové vody, na vytápění bazénu, atd. Toto teplo získáváme z vody, vzduchu či země (rozdělení uvedeno v kapitole 8).



Obr. 4-1 - Ukázka tepelného oběhu [25]

Na první pohled se jedná o velmi ekologické zařízení. Samo čerpadlo totiž nevytváří žádné emise, pouze přeměňuje elektrickou energii na mechanickou a později na tepelnou. Ekologičnost zdroje energie a jeho vliv na okolí hraje velkou roli hlavně u tepelných čerpadel získávajících teplo z vody, viz kapitola 8.2.

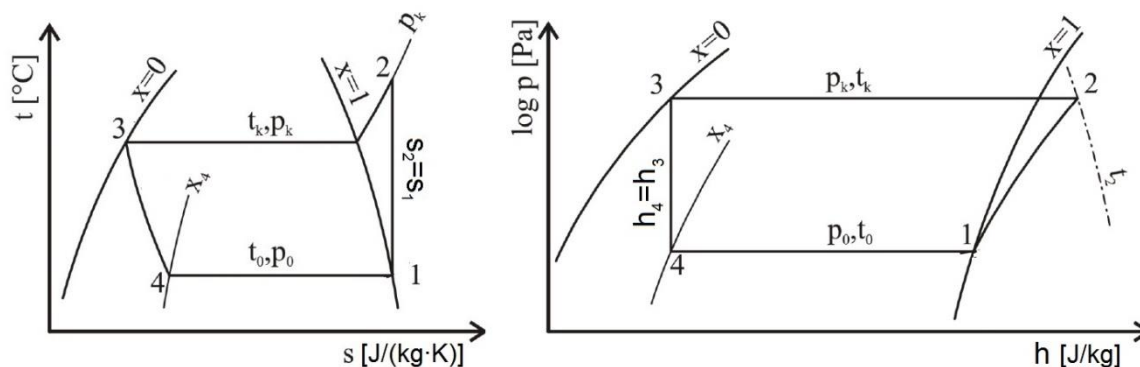
Úplně nejjednodušší sestava je složena ze dvou výměníků, jednoho kompresoru a škrtkového ventilu, zobrazeno na obrázku 4-2 (složitější možnosti zapojení jsou v práci popsány v kapitole 7). Jedná se o termodynamický levotočivý cyklus viz. obrázek 4-3, který energii spotřebovává. V tomto cyklu proudí a předává energii tzv. chladivo (viz. kapitola 11), které je konstruktéry navrženo tak, aby se jednalo o co nejúčinnější a nejúspornější variantu. Tím je myšleno vhodný topný faktor, se kterým souvisí teploty a tlak kondenzace a vypařování. [6]



Obr. 4-2 - Základní parní oběh tepelného čerpadla [15]

Celý cyklus musí zohledňovat hlavně 2. termodynamický zákon. Použiji-li Clausiovu formulaci: "*Teploto samo o sobě nemůže přecházet z teploty nižší na teplotu vyšší.*" [9, s.32] Jinými slovy platí, že k samovolnému přesunu tepla dochází pouze z teplejší látky do chladnější.

Druhý termodynamický zákon tedy způsobuje, že má-li chladivo předat teplo do vnitřního vytápěcího systému, musí mít větší teplotu než vnitřní médium (voda, vzduch). Zároveň aby do sebe chladivo akumulovalo teplo z okolí, musí mít nižší teplotu, než je teplota okolí. Tyto teploty jsou pro nás určující z hlediska výpočtů, viz kapitola 6.



Obr. 4-3 - Grafy T-s a p-h diagramu odpovídající diagramu základního parního oběhu tepelného čerpadla [15]

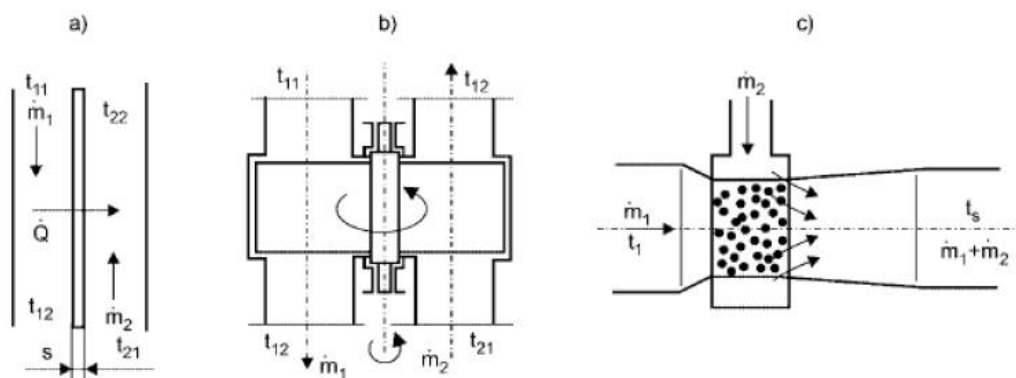
Tepelné čerpadlo bývá u novostaveb použito ve spojení s velkoplošnou otopnou plochou (podlahové, stropní či stěnové vytápění), s konvektory nebo ho bývá dále použito pro ohřev teplé užitkové vody. Tyto námi zvolené otopné plochy se ohřívají na maximální teplotu 60 °C, při čemž například podlahové vytápění vyžaduje obvykle teplotu pouze mezi 25 až 34 °C. [1]

5 Popis jednotlivých komponentů

V této kapitole je popsána funkce jednotlivých částí základního parního oběhu tepelného čerpadla.

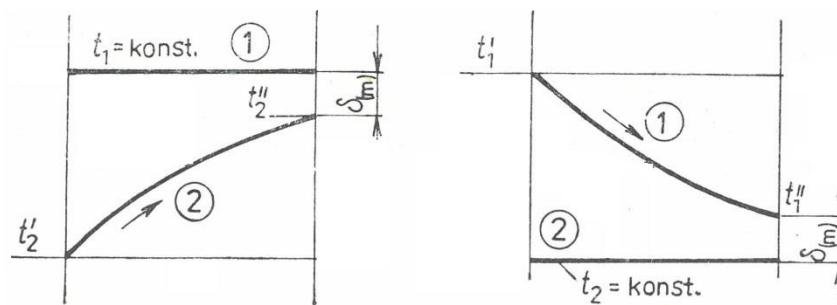
5.1 Výměníky

Výměníky slouží k výměně tepelné energie mezi dvěma proudícími látkami. Toto teplo se může předávat přerušovaně i kontinuálně. Výměníky rozdělujeme na rekuperační, regenerační a směšovací. Rekuperační výměník (obr. 5-1 a) je takový, kdy stěna odděluje dvě proudící média a k výměně tepla dochází mezi dvěma teplosměnnými plochami. Regenerační (obr. 5-1 b), obsahuje regenerační látku. Ta se určitou dobu ochlazuje a určitou dobu zase otepluje. Směšovací výměník (obr. 5-1 c) funguje na principu smíchání dvou látek, –mezi kterými dojde k předání tepla. [33]



Obr. 5-1 - Ukázka jednotlivých výměníků [33]

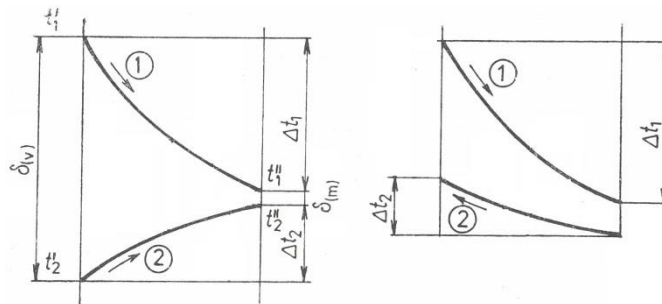
V tepelných čerpadlech se používá rekuperačních výměníků. Ve výměnících dochází k izotermické změně skupenství pracovního média. Využívá se tak z důvodu toho, že během tohoto děje látka absorbuje či uvolňuje velké množství energie, což je z hlediska procesu výhodné. Clausiova formulace 2. termodynamického zákona nám říká, že teplo přechází z teplejší látky do chladnější, nikoli však opačně. S tím souvisí výpočet pracovních hodnot chladiva, jejichž teplotní hodnota je závislá na teplotě okolí. Ve výparníku musí mít chladivo menší teplotu než okolí, ze kterého teplo odebíráme, v kondenzátoru je tomu naopak. Dále pak ještě musí být zajištěn potřebný teplotní rozdíl, aby děj spolehlivě probíhal. Z těchto teplot se určí pracovní hodnoty chladiva (tlaky, entalpie, entropie), mezi kterými musí tepelné čerpadlo pracovat.



Obr. 5-2 - Schéma znázorňující tepelnou výměnu, je-li jedna z teplot konstantní [8]

Rekuperační výměníky se dále dělí na souproudý a protiproudý (popřípadě křížové, šikmé, či lze jejich propojení kombinovat). Rozdíl mezi souproudým a protiproudým typem výměníku je způsob předávání tepla mezi dvěma látkami. Už z názvu jednotlivých druhů plyne, že buď

se dvě média pohybují po teplosměnných plochách stejným směrem, resp. opačným směrem. [6]



Obr. 5-3 - Schéma znázorňující tepelnou výměnu v souproutém a protiproutém výměníku [8]

V rovnici pro přestup tepla mezi těmito dvěma médii je vyjádřena vztahem [5-1]. [9]

$$\dot{Q} = k \cdot S \cdot \Delta T_S \quad [5-1]$$

Kde: k koeficient součinitele prostupu tepla
 S velikost směnné plochy výměníku
 ΔT_S střední rozdíl teplot

Velikost směnné plochy výměníku je závislá na geometrii výměníku. Koeficient součinitele prostupu tepla k závisí na velikosti součinitele tepelné vodivosti materiálu, tloušťce materiálu či hodnotě přestupu tepla v jednotlivých médiích. Tento koeficient má různý tvar dle použití typu výměníku (deskový, trubkový, apod.). Odvození pro rovinnou stěnu je možno nalézt v kapitole 13.5.

Střední rozdíl teplot se vypočte pomocí úvahy, že křivky změny teploty ve výměníku jsou exponenciely. Dále je střední rozdíl teplot pojmenován jako střední logaritmický teplotní spád a vypočítává se ze vztahu [5-2]. Jeho odvození lze najít v odkazu [9].

$$\Delta T_S = \frac{\delta T_I - \delta T_{II}}{\ln \frac{\delta T_I}{\delta T_{II}}} \quad [5-2]$$

Kde: δT_I teplotní rozdíl na jedné straně výměníku
 δT_{II} teplotní rozdíl na druhé straně výměníku

Hodnota středního logaritmického teplotního spádu se nám mění dle použitých vstupních teplot. Pro zajímavost, hodnota ΔT_S je u protiproutého výměníku vždy vyšší oproti souproutému a proto je výhodnější používat tento typ výměníku. Pro předání stejné velikosti tepla za stejných podmínek je u souproutého výměníku zapotřebí větší směnná plocha.

5.1.1 Výparník

Teplo je zde do systému přidáváno v nízkopotencionální formě z okolí (voda, vzduch, země). Tím se toto okolí logicky ochlazuje. Teplo je přiváděno za izobarických (za stálého tlaku) a isothermických (za stále teploty) podmínek média. Dochází tedy k látkové přeměně média, konkrétně vypařování.

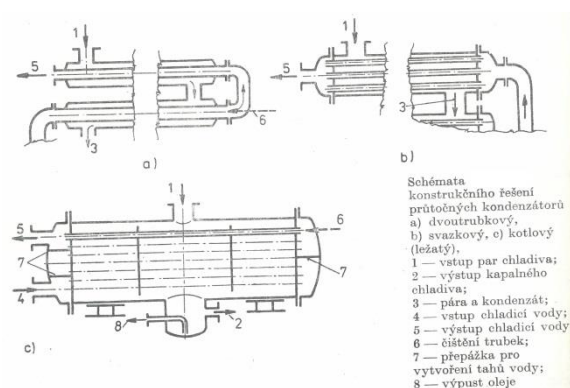
Rozlišujeme výparníky zaplavené, sprchové či suché. Volba výparníku závisí na možné regulaci výkonu, velikosti prostupu tepla (v závislosti na velikosti přestupu tepla), vliv hydrostatického tlaku či velikost teplosměnné plochy.[8]

Konkrétně sprchový výparník funguje tak, že chladivo, kterého je větší množství než vypařeného množství, přivádíme na teplosměnnou plochu ze shora. Jak medium stéká po ploše, část se ho vypaří a zbytek chladiva se za pomoci čerpadla přivede do výměníku zpátky na začátek. [8]

U suchého se chladivo přivede na teplosměnnou plochu v takovém potřebném množství, aby došlo k úplnému vypaření chladiva, dříve než doteče na konec směnné plochy. Díky tomu je chladivo možné i lehce přehřát. [8]

5.1.2 Kondenzátory

Tímto zařízením se snažíme co nejvíce energie předat do vnitřního systému. V kondenzátoru dochází k izobarickému odvádění tepla z média. To je převáděno do chladnějšího vnitřního okruhu vytápění, který je připojen na otopné plochy či je teplo využito pro ohřev teplé, užitkové vody. Volba typu kondenzátoru závisí na typu ohřívané látky (voda, vzduch). Nejčastěji se používají kondenzátory průtočné trubkové, které jsou ukázány na obrázku 5-4.



Obr. 5-4 - Typy průtočných kondenzátorů [8]

Rovněž se také používají kondenzátory chlazené vzduchem s přirozenou či s nucenou konvekcí. Z důvodu zajištění velkých výkonů se u kondenzátorů tepelných čerpadel instaluje ventilátor zajišťující nucenou konvekci. Jednotlivé trubky jsou opatřeny drátěnými žebry pro zvětšení směnné plochy, dochází též ke zvýšení množství tepelného toku či zmenšení tlakové ztráty média v trubkách z důvodu menšího potřebného počtu trubek. Žebrování se také velmi využívá v radiátorech či konvektorech. [8]

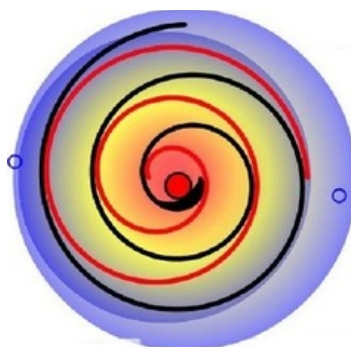
5.2 Kompresor

Kompresor je poháněn elektromotorem. Za ideálních podmínek probíhá adiobatická komprese pracovní látky, jinak se jedná o kompresi polytropickou. Energie námi vložená do systému je tedy uložena v chladivu. Během tohoto děje dojde nejen ke značnému zvýšení tlaku v pracovní látce, hlavně ovšem k nárůstu teploty, což potřebujeme z důvodu dalšího kroku. Komprese se provádí na takovou hodnotu tlaku, aby teplota kondenzace chladiva byla v kondenzátoru po celou dobu větší o takovou hodnotu, než je výstupní teplota ohřívané látky.

Kompresor by měl být schopen pracovat v zadaném rozmezí teplot a tlaků. Možná omezení pro kompresor jsou rozmezí tlaků pro pevnostní dimenzaci stroje a jeho pohybového ústrojí. Dále se zohledňuje maximální teplota chladiva, jeho vliv na konstrukční materiál a jeho možné opotřebení. Další kritéria pro výběr jsou jeho minimální energetická spotřeba při maximálním výkonu či jeho pořizovací cena. [6]

Z těchto důvodů se nejčastěji volí pístové, šroubové kompresory či radiální turbokompresory (při vysokých topných výkonech). [6] V modernějších zařízeních je možno také nalézt

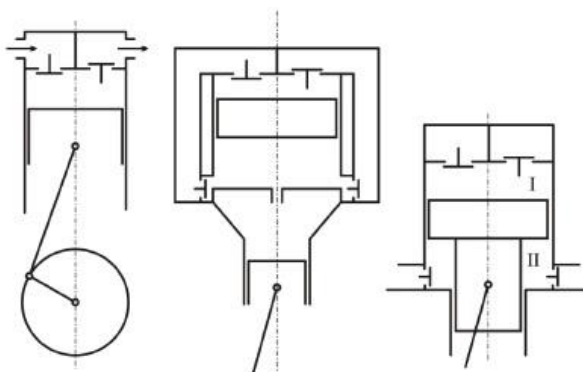
kompresory typu SCROLL. Jedná se o kompresor, který je tvořený z dvou spirál, které jsou vloženy do sebe. Jedna spirála je uložena na pevno a druhá se vůči první excentricky otáčí. Díky tomu dochází k nasátí média a jeho natlakování směrem ke středu na požadované hodnoty.[39]



Obr. 5-5 - Znáznornění funkčnosti kompresoru SROLL [39]

Jednotlivé kompresory mají své výhody a nevýhody. Například pístové kompresory mají tu nevýhodu, že při jejich stlačování kontrolní látky nedojde k úplnému odsátí natlakované látky, ale zůstane nám část objemu ve válci s pístem, která expanduje. Tento objem se nazývá objemem škodlivým. Úlohou konstruktéra je snažit se tento objem udělat co nejmenší, jelikož nám během toho dochází k nevyužití energie.

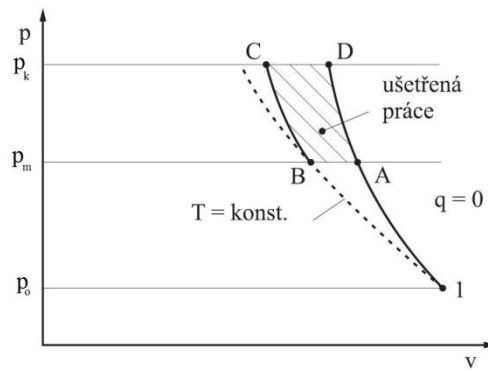
Pístové kompresory jsou například jednočinné, dvoučinné, s mezichladičem, atd. Používáme je z důvodu co největší eliminace škodlivého prostoru, či zvýšení účinnosti kompresoru.



Obr. 5-6 - Pístové kompresory jednočinné či dvoučinné [16]

Vrátíme se ještě k problému maximální teploty pracovní látky (chladiwa). Vyžaduje-li konstrukce určité teplotní omezení, ať už z těsnících, z bezpečnostních či z jiných důvodů, je možno využít vícestupňový kompresor s mezichladičem. Z grafu na obrázku 5-7 je vidět, že při určitém tlaku dochází k izobarickému zchlazení pracovní látky na původní teplotu a jejímu opětovnému stlačení. Výhodou tohoto děje je také, že dochází k ušetření technické práce potřebné k natlakování média a zároveň pevnostní konstrukce pístu a válce není namáhána na velký tlakový rozdíl, díky čemuž nám stoupá životnost konstrukce. Ve dvoustupňovém kompresoru je hodnota středního tlaku určena rovnicí [5-3], jejíž plné odvození je možno nalézt literárním zdroji [9]. V grafu na obrázku 5-7 se pohybujeme postupně mezi body 1-A-B-C. Nicméně při navrhnutí je třeba zauvažovat, že při zchlazení média v mezichladiči může dojít ke ztrátě entalpie či entropie, což nám může nepříznivě ovlivnit množství odevzdaného měrného tepla během kondenzace média či výsledný topný faktor.

$$p_m = \sqrt{p_o \cdot p_k} \quad [5-3]$$



Obr. 5-7 - p-v diagram znázorňující ušetřenou práci v mezichladiči [9]

5.3 Škrtící ventil

Slouží k poklesu tlaku chladiva na takovou hodnotu, aby byl zajištěn při následném přijímání tepla ve výparníku dostatečný teplotní rozdíl mezi ochlazovaným okolím a chladivem.

6 Topný faktor

Z popsaných vlastností tepelného čerpadla nám plyne jednoduchá úvaha. Snažíme se získat co nejvíce tepla z okolí \dot{Q}_o a přivést do soustavy co nejméně námi vložené elektrické energie P , abychom získali co nejvíce energie \dot{Q}_k . Některé z těchto hodnot vycházejí pomocí termodynamických výpočtů záporně, a to když teplo odevzdávají, či stroj koná práci. [6], [9]

Uvažujeme-li dokonalou soustavu bez ztrát apod., získáváme tedy vztah [6-1].

$$\dot{Q}_o + |P| = |\dot{Q}_k| \quad [6-1]$$

Hodnota P je výkon, který odebíráme ze sítě pomocí elektrické energie a který poté dále energeticky přeměňujeme (uvažujeme-li děj beze ztrát). Jeho velikost je pro nás velmi podstatná a spolu s hodnotou \dot{Q}_k tvoří topný faktor ε_t :

$$\varepsilon_t = \frac{|\dot{Q}_k|}{|P|} \quad [6-2]$$

Topný faktor tedy určuje množství využitého tepla ku námi dodané energii. Zjednodušeně, při topném faktoru o velikosti 3 potřebujeme na získání 3 kW tepla 1 kW elektřiny.

Termodynamika definuje ještě chladicí faktor. Ten se využívá u chladících zařízení, jejichž funkcí je odebírat co nejvíce tepla z okolí (lednička, klimatizace). Chladicí faktor je definován vztahem [6-3].

$$\varepsilon = \frac{\dot{Q}_o}{|P|} \quad [6-3]$$

Vztah mezi topným a chladicím faktorem je dán výrazem [6-4].

$$\varepsilon_t = \frac{|\dot{Q}_k|}{|P|} = \frac{\dot{Q}_o + |P|}{|P|} = \frac{\dot{Q}_o}{|P|} + 1 = \varepsilon + 1 \quad [6-4]$$

Výrobci uvádějí velikost topného faktoru v určitém rozmezí. Pomocí termodynamiky bude nyní osvětleno proč. První způsob vysvětlení vychází ze samotného výpočtu hodnot \dot{Q}_k , \dot{Q}_o a P . Druhý způsob vysvětlení vychází z Carnotova cyklu. [9]

6.1 Vysvětlení změny topného faktoru pomocí výpočtu jeho hodnot

Nejprve je třeba si definovat první zákon termodynamiky. Ten je znám jako zákon zachování energie. Přivedené teplo do termodynamické soustavy se rovná změně její vnitřní energie a vykonané práci. Tento zákon je vyjádřen rovnicí [6-5].

$$Q_{12} = (U_2 - U_1) + A_{12} \quad [6-5]$$

Kde přivedené teplo a vykonaná práce jsou závislé na integrační cestě, proto je třeba tyto veličiny počítat integrálním počtem. Naproti tomu vnitřní energie je pouze funkcí stavu. Po převedení na měrné jednotky dostáváme rovnici [6-6].

$$q_{12} = (u_2 - u_1) + a_{12} \quad [6-6]$$

Převedeme-li celou rovnici na elementární veličiny, dostáváme tvar [6-7].

$$dq = du + da \quad [6-7]$$

Abychom mohli s rovnicí [6-7] dále pracovat, je třeba zjistit, čemu se rovná da (diferenciál práce). Ten získáme z výrazu [6-8].

$$dA = F \cdot dx = p \cdot S \cdot dx = p \cdot dV \quad [6-8]$$

Po převedení na měrné jednotky a dosazení do rovnice [6-7] získáváme tvar:

$$dq = du + pdv \quad [6-9]$$

Dále je třeba si zavést pojem entalpie. Entalpie vyjadřuje energii, která je uložena v termodynamickém systému. Bývá označována písmenem H či I (v této práci bude vždy označována písmenem H , či malé h). Je vyjádřena vztahem [6-10].

$$H = U + pV \quad [6-10]$$

Převědeme-li rovnici [6-10] do měrných jednotek a diferenciálního stavu, dostáváme rovnici [6-11].

$$dh = du + pdv + vdp \quad [6-11]$$

Při zpětném dosazení do rovnice [6-9] dostáváme vztah [6-12].

$$dq = dh - vdp \quad [6-12]$$

Výraz $-vdp$ označuje technickou práci. Technická práce označuje skutečnou práci vykonanou strojem. Jedná se o zauvažování pracovních dějů ve válci kompresoru, kde samotné nasátí vzduchu kompresorem a vytlačení vzduchu kompresorem je třeba zauvažovat do konané práce soustavy spolu s pohybem pístu a natlakování média v něm obsaženém. [9]

Dostáváme výsledný vztah [6-13].

$$dq = dh + da_t \quad [6-13]$$

Při výpočtu množství přivedeného či odvedeného tepla do nebo z média vycházíme z faktu, že celý tento děj probíhá v tepelném čerpadle za izobarických podmínek, které nám rovnicí [6-13] značně zjednoduší tím, že:

$$dp = 0 \rightarrow v \cdot dp = 0 \rightarrow da_t = 0 \quad [6-14]$$

Podíváme-li se na obrázek 4-3, tak z grafu je patrné, že teplo se přivádí do soustavy od bodu 4 do bodu 1. Provedeme-li integraci rovnice, dostaneme se ke vztahu [6-15].

$$q_{o41} = \int_4^1 dh = h_1 - h_4 \quad [6-15]$$

Podobně postupujeme při problému zjištění hodnoty odvedeného tepla z média, které se předá do vnitřního systému vytápění či ohřevu vody. Tento děj probíhá od bodu 2 do bodu 3.

$$q_{k23} = \int_2^3 dh = h_3 - h_2 \quad [6-16]$$

$$\dot{Q}_k = \dot{m} \cdot q_{k23} = \dot{m} \cdot (h_3 - h_2) \quad [6-17]$$

Tato hodnota vyjde záporně z důvodu toho, že teplo se ze sestavy odvádí. Nás ovšem zajímá hlavně jeho velikost, resp. absolutní hodnota.

Při výpočtu potřebného výkonu čerpadla zohledňujeme fakt, že kompresor ideálně pracuje za adiobatických (izoentropických) podmínek beze ztrát, resp. soustava je tepelně izolovaná. Na obrázku 4-3 to odpovídá ději z bodu 1 do bodu 2. Z rovnice [6-13] získáváme vztah [6-18].

$$0 = dh + da_t \rightarrow a_{t12} = - \int_1^2 dh = \int_2^1 dh = h_1 - h_2 \quad [6-18]$$

Hodnotu P pak dostáváme ze vztahu [6-19]. Záporná hodnota a_t značí, že kompresor konal práci. Podobně jako u odvedeného tepla nás zajímá hlavně jeho absolutní hodnota.

$$P = \dot{m} \cdot a_{t12} = \dot{m} \cdot (h_1 - h_2) \quad [6-19]$$

Z výše zmíněných důvodů platí, že hodnoty \dot{Q}_O , \dot{Q}_k , P , ε jsou závislé na velikosti entalpií v jednotlivých bodech. Hodnoty entalpií jsou závislé na teplotě, či tlaku. K určování jejich hodnot nám slouží termodynamické tabulky jednotlivých látek či speciální výpočetní programy. [9]

Uvažujeme-li problém vytápění rodinného domu tepelným čerpadlem vzduch-voda, teplota při které je získáváno teplo z okolí se nám v průběhu roku mění z důvodu proměnlivosti teploty okolního vzduchu v závislosti na ročním období.

Ať už použijeme na vytápění jakýkoli typ tepelného čerpadla, či jiného zdroje tepla, tepelná ztráta rodinného domu se bude také měnit v závislosti na ročním období z důvodu prostupu tepla okolními stěnami. Pokud nám to konstrukce vytápění domu dovolí, můžeme vytápět teplotu v radiátorech, či jiných teplotních zařízeních, na různou teplotu v závislosti na potřebě získaného tepla pomocí tzv. ekvitermích regulátorů, viz. kapitola 10.

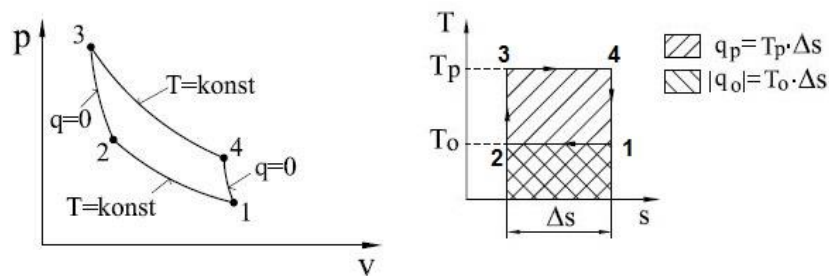
Z těchto důvodů nám cyklus znázorněný v T-s diagramu na obrázku 4-3 pracuje mezi různými teplotami, závislými na okolní (venkovní) teplotě. Tím se nám tedy mění i hodnoty entalpií jednotlivých bodů a právě z tohoto důvodu se nám v průběhu roku mění i hodnota topného faktoru. Ten by se nám měl měnit v rozmezí uvedeným od výrobce tepelného čerpadla.

6.2 Vysvětlení změny topného faktoru pomocí Carnotova cyklu

Odvození pomocí Carnotova cyklu bylo použito ze zdroje [9], kde lze najít jeho plné znění.

Carnotův cyklus (oběh) je složen ze čtyř stavových změn. Cyklus ukázaný na obrázku 6-1 je na rozdíl od cyklu tepelného čerpadla pravotočivý, nicméně tento fakt na výsledný závěr nemá vliv. [9]

- 1→2..... Izotermická komprese
- 2→3..... Adiobatická komprese
- 3→4..... Izotermická expanze
- 4→1..... Adiobatická expanze



Obr. 6-1 - Carnotův cyklus v p-v a T-s diagramu [9]

Carnotův princip zavádí ideální vratný stroj (cyklu). Jeho termická účinnost je odvozena z literatury [9] do výsledného vztahu [6-20].

$$\eta_c = 1 - \frac{T_1}{T_3} = 1 - \frac{T_o}{T_p} \quad [6-20]$$

Kde teplota T_1 je teplota, kdy se z cyklu odvádí teplo, tj. T_o a teplota T_3 je teplota, kdy je teplo do cyklu přivedeno, tj. T_p . Jak již bylo řečeno dříve, tepelné čerpadlo pracuje na principu levotočivého cyklu, kdy však rovnice termické účinnosti Carnotova cyklu s teplotami T_1 a T_3 stále platí.

Při uvažování druhého zákona termodynamiky a porovnávání cyklů neznámého stroje a vratného stroje dostáváme dva závěry. Odvození těchto závěrů obsahuje odborná literatura [9], pro tuto práci jsou zmíněny tyto závěry:

- „Žádný tepelný stroj nemůže mít vyšší účinnost než vratný stroj pracující mezi týmiž teplotami.“ [9, s. 81]
- „Všechny vratné stroje pracující mezi týmiž teplotami mají stejnou účinnost.“ [9, s. 83]

Z těchto důvodů můžeme uvažovat ideální tepelné čerpadlo, kterému musíme vypočítat topný faktor pro zdůvodnění jeho proměnlivosti.

Z obrázku 6-1 z grafu T-s je patrné, že velikost práce je určena rozdílem ploch tepla přivedeného q_p a absolutní hodnoty tepla odvedeného q_o (vyjde záporně). Vzorce, které jsou viditelné z obrázku, plynou z definice entropie [6-21].

$$ds = \frac{dq}{T} \quad [6-21]$$

Zauvažujeme-li je do rovnic topného faktoru uvedených v kapitole 6.1, dostáváme následující výraz:

$$\varepsilon_t = \frac{|\dot{Q}_k|}{|P|} \approx \frac{|q_k|}{|a_t|} = \frac{|T_o \cdot \Delta s|}{|(T_o - T_p) \cdot \Delta s|} = \frac{T_o}{|T_o - T_p|} \quad [6-22]$$

Bylo dokázáno, že velikost topného faktoru opět záleží na pracovních teplotách, při kterých je teplo do média přiváděno T_p a při kterých je teplo z média odváděno T_o .

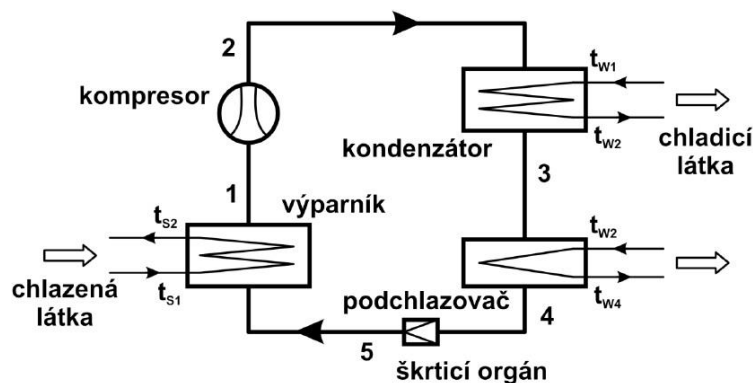
7 Další varianty uspořádání tepelných oběhů

Cyklus základního parního oběhu, ukázaný na obrázku 4-2, je použit v těch nejjednodušších případech. Do tohoto cyklu se zapojují další prvky měnící cyklus podle našich potřeb, tj. při velkém rozdílu pracovních teplot, tlaků, konstrukčních potřeb či zlepšení hospodárnosti a spolehlivosti čerpadla. [8]

7.1 Podchlazení kapalného chladiva

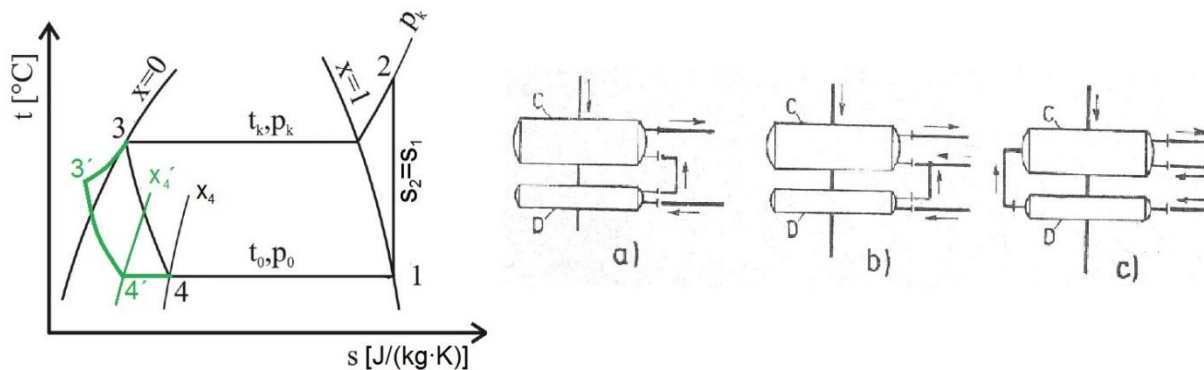
Při podchlazení dochází k odvedení tepla z cyklu za pomoci tzv. dochlazovače či podchlazovače. Ten je v cyklu zařazen za kondenzátor. Tím nám dochází k izobarickému snížení teploty kapalného chladiva.

Podchlazení se provádí ze dvou důvodů. Za prvé jde o to, aby do škrtícího ventilu vstupovala pouze kapalina, nanejvýš sytá kapalina. U základního parního oběhu by tato situace měla teoreticky nastat, ovšem nemusí se tak stát z důvodů nedokonalosti cyklu, takže by bylo lepší této situaci předcházet. Kdybychom neměli chladivo v plně kapalně fázi, škrtící ventil by nemusel snížit tlak na takovou hodnotu, jakou požadujeme. Zároveň podchlazením zvyšujeme jeho životnost, kdy bez podchlazení by se mohli tvořit parní bubliny před ventilem. Nechceme-li použít podchlazovače, je možno ještě použít dodatečného čerpadla, umístěného za kondenzátorem, které by zvýšilo tlak a dostali bychom se do oblasti kapaliny. Dalším důvodem k podchlazení je zlepšení hospodárnosti cyklu. [6]



Obr. 7-1 - Zapojení základního parního oběhu s podchlazovačem s vnější výměnou tepla [15]

K podchlazení dochází při vnější výměně tepla, kdy je využito dalšího výměníku za kondenzátorem, který chladivo ochlazuje pod teplotu sytosti. Zároveň je z grafu na obrázku 7-2 vidět, že se nám zvětšil rozdíl entalpií mezi body 4 a 1 na rozdíl 4' a 1. Při zachování stejného hmotnostního průtoku jako v základním případě se zvětší množství přivedeného tepla. Abychom teplo z cyklu zužitkovali, může se jednat například o výměník, který bude využit na ohřátí teplé užitkové vody, kterou není potřeba vytápět na takovou teplotu jako v radiátorech. Nebo se může jednat o přehřev média ve výměníku D, které se později ohřívá v kondenzátoru C. Možnost takového zapojení je ukázána na obrázku 7-2 vpravo. [6]

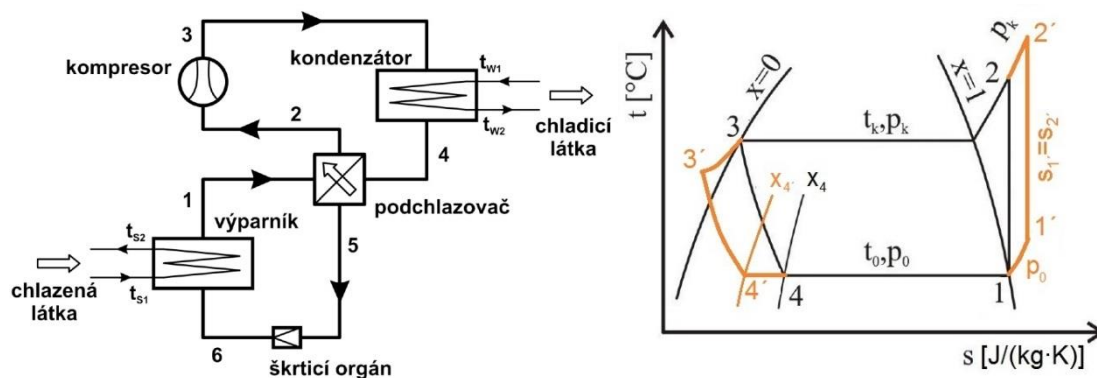


Obr. 7-2 - t-s diagram základního parního cyklu s vnějším podchlazovačem, přehřev látky ohříváné v kondenzátoru [15], [6]

K podchlazování může dojít při vnitřní výměně tepla uvnitř cyklu, kdy využíváme tzv. vnitřního výměníku (podchlazovače uvnitř cyklu) viz. obrázky 7-3 a 7-4. Toho dosahujeme pomocí páry vystupující z výparníku, kterou za výparníkem přehříváme. Při tomto ději zůstává teplo uvnitř cyklu a neodvádí se z cyklu ven, resp. teplo přivedené do cyklu mezi body 1 a 1' je přivedeno z odvedeného tepla mezi body 3 a 3'. Díky tomuto ději jsme si opět rozšířili rozdíl entalpií mezi body 4 a 1 na 4' a 1, čímž se zvýšilo možné množství přivedeného měrného tepla z okolí. Zároveň s tím nám vznikla oblast 2 a 2', čímž se zvýšilo možné množství odvedeného měrného tepla. Rozdíl entalpií mezi body 1 a 2, který je nyní mezi body 1' a 2' se ovšem také změní. Jestli dojde k jeho zvětšení či zmenšení záleží na vlastnostech jednotlivých chladiv a je třeba si je vyhledat v odpovídajících tabulkách.

Při pohledu na rovnice uvedené v kapitole 15.5 můžeme uvažovat, že při zachování množství tepla odebraného ze systému touto změnou dochází ke snížení hmotnostního průtoku uvnitř cyklu. Pokud uvažujeme i menší změnu u rozdílu entalpií kompresoru, můžeme taktéž tvrdit, že došlo ke snížení příkonu kompresoru a zároveň ke zvýšení topného faktoru cyklu. Nevýhodou ovšem je, že kompresor musí při stlačení pracovat s většími teplotami než v původním případě, což může být nevýhodné z hlediska materiálu a životnosti. Všechny tyto závěry jsou závislé na termodynamických hodnotách jednotlivých médií. Více o tomto problému pojednává zdroj [13].

Obr. 7-3 - Zapojení základního parního oběhu s podchlazovačem s vnitřní výměnou tepla [15]



Obr. 7-4 - t-s diagram základního parního cyklu s vnitřním podchlazovačem [15]

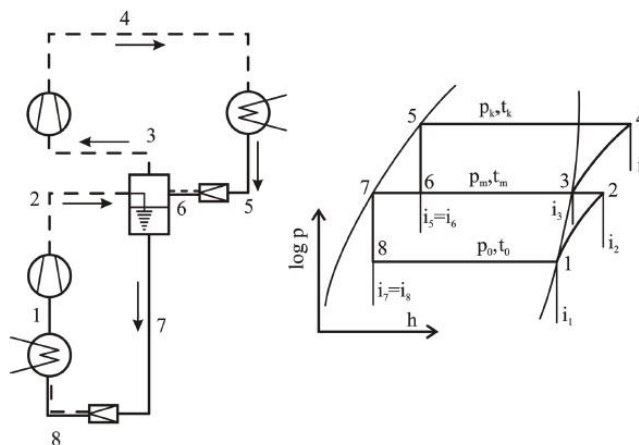
7.2 Vícetupňové a kaskádové zapojení

Vícetupňové zapojení je takové, kdy chladivo je stlačováno ve dvou stupních. To se provádí z toho důvodu, že při poklesu teploty t_0 , narůstá tlakový poměr $\sigma = p_k/p_0$, což má za následek

negativní vlivy. Jedním z nich je například pokles hmotnostní chladivosti, v důsledku čehož je třeba zvýšit rozměry kompresoru. Zároveň dochází k poklesu mechanické účinnosti. [8]

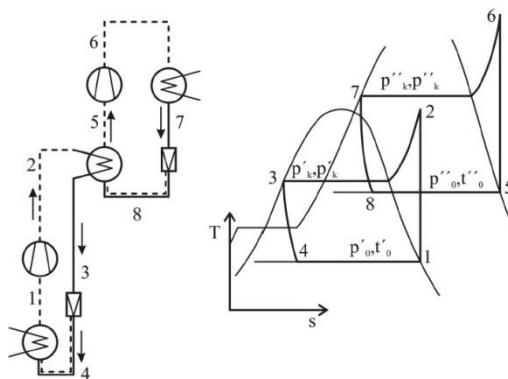
Při volbě středního tlaku máme více možností. První možnost je například volena tak, aby teploty vypařování a kondenzace odpovídali technologickým požadavkům konstrukce. Zároveň se snažíme nepřekročit tlakový poměr v jednotlivých stupních o hodnotu 8 až 10. Druhá možnost je využití empirického vztahu [5-3]. [8]

Takto vypočtený tlak se sice nebere jako optimální, nicméně v každodenní technické praxi vyhovuje a je využíván. V případě vícestupňového zapojení se využívá například středotlaké nádoby, kde se mísí stlačené chladivo z prvního stupně a seškracené chladivo z druhého stupně. Na obrázku 7-5 je možno vidět zapojení se středotlakou nádobou a tepelný diagram. [8]



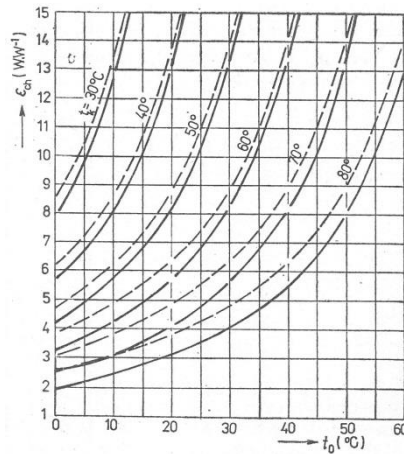
Obr. 7-5 - Vícestupňové zapojení se středotlakou nádobou [15]

Kaskádové zapojení je takové, kdy dva okruhy (mohou být základní či složitější) jsou propojeny výměníkem tak, že výparník vysokoteplotního okruhu je zároveň kondenzátorem toho nízkoteplotního. Využívá se jej ve chvílích, kdy teploty vypařování či kondenzace jmenovitého chladiva by ležely mimo jeho přiměřené hodnoty, či by nebylo v oblasti kapalně fáze, jako je možno například pod trojným bodem. Toto zapojení se používá hlavně v chladicí technice, kdy teploty vypařování jsou pod hodnotou $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tohoto zapojení se však u tepelných čerpadel příliš nevyužívá. Varianta kaskádového zapojení je ukázána na obrázku 7-6. [6] [8]



Obr. 7-6 - Základní kaskádové zapojení [15]

Jedním z důvodů vícestupňového zapojení je zvýšení chladicího faktoru mezi pracovními teplotami, oproti jednostupňovému zapojení (ukázáno na obrázku 7-7, kde plnou čarou je označen jednostupňový okruh, čárkovanou čarou dvoustupňový okruh, na vodorovné ose je teplota vypařování a křivky znázorňují různou teplotu kondenzace). Topný faktor se také zvyšuje, nicméně nedochází k tak výraznému zvýšení jako v případě chladicího faktoru, protože u dvoustupňového zapojení neplatí rovnice [6-4]. [6]



Obr. 7-7- Závislost chladicího faktoru na volbě zapojení [6]

Při uvažování vhodnosti využití vícestupňového zapojení je nutno zvažovat i jejich další výhody a nevýhody. Nevýhodou je, že se jedná o dražší a složitější zapojení, zároveň možné tlakové ztráty v středotlaké nádobě či v mezistupňovém výměníku. Všechny tyto aspekty je zapotřebí uvažovat při konstrukčním návrhu, zda-li je výhodnější jednostupňové, vícestupňové či kaskádové zapojení. Někdy je možné v praxi najít i zapojení třístupňové, které je ovšem ještě více ojedinělé. [6]

8 Druhy tepelných čerpadel

Tepelná čerpadla rozdělujeme podle způsobu získání nízkopotenciálního tepla. To je možné získat ze vzduchu, vody či země. Dále je rozdělujeme podle způsobu zdroje tepla z otopných ploch. Způsoby takovýchto přívodů jsou možné pomocí vody, která nám obíhá v radiátorech, či vzduchu, který obíhá například pomocí konvektorů.

O správném zvolení typu tepelného čerpadla rozhoduje mnoho faktorů. Jedním z nich je jeho zeměpisné umístění. Dále pak hraje roli také možnost získání jednotlivých pracovních látek. Například za dob socialismu nebylo jednoduché v Československu pořídit určité druhy chladiv z důvodu napjaté politické situace. V neposlední řadě hraje velký vliv také pořizovací cena jednotlivých čerpadel. Do té musí být zahrnuto nejen samotná cena čerpadla ale případná cena za vrty, či jiné potřebné instalační práce. [6]

8.1 Zdroj nízkopotenciálního tepla ze vzduchu

Vzduch je odebírán přímo z okolí objektu. Odtud putuje do výparníku, kde je ochlazen a poté vrácen zpět bez jakékoliv chemické přeměny. Teplo je po procesu v čerpadle předáno do ústředního vytápění. Tento způsob získání tepla je ten nejjednodušší.

Jedná se o jednoduchou a rychlou instalaci, kvůli které není nutný žádný zásadní zásah do okolí, na rozdíl od nízkopotencionálních zdrojů tepla z vody či ze země. Cena za čerpadlo je velmi variabilní podle výrobců či podle velikostí výkonů čerpadel, nicméně její investiční náklady jsou nižší než u zdroje nízkopotenciálního tepla ze země. Velkou výhodou je téměř bezúdržbové vytápění. [21]

Obrovskou nevýhodou ovšem je, že se teplota vzduchu v průběhu dne a roku zásadně mění, což má velký vliv na tepelný faktor čerpadla, jak bylo ukázáno v kapitole 6. Pro představu, průměrná denní teplota je na začátku otopného období 13 °C, kdežto během nejchladnějších dnů může v ranních hodinách teplota klesnout až k -15 °C či -20 °C, podle zeměpisného umístění. Při takto velkém rozdílu teplot se pak může pohybovat příkon tepelného čerpadla až v rozmezí přes 5 kW. Záleží na jeho druhu a na výšce vyžadované teploty vytápění či užitkové vody.

Během takto nízkých teplot se na venkovním výměníku může tvořit námraza. Děje se tak z důvodu toho, že vzduch obsahuje určité procento vody ve formě vodní páry. Námraza zvyšuje průtočný odpor vzduchu a zároveň dochází ke zhoršení hodnoty prostupu tepla výparníku. Aby došlo ke správné funkci čerpadla, je potřeba zajistit její odtání. To se provádí například pomocí reverzního chodu čerpadla. Ten ovšem zdražuje tepelné čerpadlo a zároveň zmenšuje hodnotu topného faktoru, protože výkon využitý na odtání je třeba do vzorce započítat mezi příkony. [6]



Obr. 8-1 - Tepelné čerpadlo vzduch-voda [21]

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta T \quad [8-1]$$

Kde: \dot{m} hmotnostní průtok, který nám vytváří ventilátor
 c měrná tepelná kapacita vzduchu
 ΔT ... ochlazení vzduchu ve výměníku

Hodnota měrné tepelné kapacity vody je za pokojových podmínek $4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, kdežto vzduchu je $1010 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, což je téměř čtvrtina oproti vodě. Pomocí vzorce [8-1] je ukázáno, že ve vzduchu je na hmotnostní jednotku menší množství tepla než u vody a to z důvodu malé tepelné kapacity vzduchu. Proto je třeba zajistit velmi výkonný ventilátor, který nám umožní vysoký hmotnostní průtok. Nevýhodou poté může být také to, že rychle pohybující se ventilátor může způsobovat značný hluk pro okolí stavby, proto je třeba uvažovat i nad jeho umístěním, aby nedocházelo k rušení sousedů či jiných obyvatel v okolí. Zároveň je třeba uvažovat, aby umístění ventilátoru nebylo v místech, kde by se mohli tvořit tzv. kapsy se studeným vzduchem. Ventilátor může způsobovat vibrace, což je potřeba zvážit při jeho umístění a vhodném upevnění. [6] [21]

Je-li vytápění domu či objektu pomocí vzduchu, je možné navrhnout konstrukci čerpadla tak, aby nám v letních měsících sloužilo jako klimatizační zařízení. [21]

Jedná-li se o budovu, ze které musí být zajištěno odvětrávání, je možno teplo z odvětraného vzduchu využít zpět na opětovné vytápění budovy. Takto odvětrávaný vzduch mívá vysokou teplotu, většinou od 18°C do 24°C , proto by byla škoda jeho energie zpětně nevyužít. Nevýhodou ovšem je, že odvětraného vzduchu z budovy nebývá velké množství, takže se toho využívá jen ve velmi výhodných případech, například kuchyně apod. [6]

8.2 Zdroj nízkopotenciálního tepla z vody

Při použití vody jako nízkopotenciálního zdroje tepla používáme dělení podle toho, jak vodu získáváme. Vodu dělíme na povrchovou a podzemní (studniční). Každá má svoje specifika. Ideální minimální teplota vody je okolo 8°C z důvodu ochlazování vody ve výparníku a snaze předejít zamrznutí vody, což by mohlo mít pro konstrukci čerpadla fatální následky. Voda v tepelném čerpadle se ochlazuje zhruba o 4°C . Oproti zdroji tepla ze vzduchu je teplota vody přeci jen stálejší, nicméně i u ní dochází k teplotním změnám v průběhu roku. Voda zároveň musí být dostatečně čistá, aby nedošlo k zanesení čerpadla či výměníku. Z tohoto důvodu se musí provádět pravidelná údržba konstrukce. Na rozdíl od zdrojů tepla ze vzduchu bývá konstrukce o dost tišší. [6]

Voda je z ekonomického a energetického hlediska velmi výhodným zdrojem. Její teplotní nestabilita či jiné nevýhody ovšem způsobují, že její využití je v České Republice celkem malé oproti zemím s geotermálními prameny (Norsko, Island), kde jsou tato čerpadla využívána na vytápění objektů o velikosti výrobních hal, apod.

U tepelných čerpadel využívajících vzduch jako vnitřní vytápění je opět možné udělat konstrukci tak, aby nám v letních měsících sloužilo čerpadlo jako chlazení. Nicméně je třeba zauvažovat její zeměpisné umístění objektu, protože v poslední době vznikají velké problémy se suchem a vysycháním toků řek, říček či studní, což by znemožnilo funkci čerpadla.

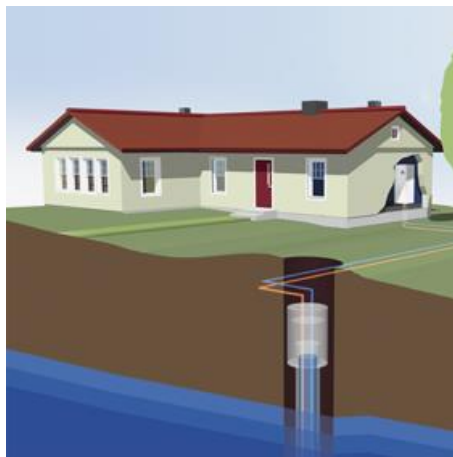
8.2.1 Povrchová voda

Při použití povrchové vody využíváme tepla z toku řeky (říčky) či z rybníku (jezera). Tento typ čerpadel je vhodný pro objekty umístěné blízko vodním plochám. V letních měsících lze používat ke chlazení, dovoluje-li nám to konstrukce čerpadla. Nicméně velké omezení je kladeno na to, že voda musí zůstat v kapalném stavu, protože při zamrznutí by byla její doprava do výměníku nemožná a hrozilo by poškození konstrukce. Proto se častěji využívá velkých řek než říčních potoků, protože u řek je možnost zamrznutí menší z důvodu většího průtoku vody. Opět je třeba zauvažovat zeměpisné umístění čerpadla. [30]

Zároveň s ním je třeba dodržet mnoho legislativních opatření, ať už se jedná o technické či ekologické (například povolení od správce povodí, povinný určitý průtok říčky, maximální změna teploty vody, apod.), takže využití povrchové vody jako zdroj tepla se v České republice prakticky nevyužívá. [19]

8.2.2 Podzemní voda

Podzemní (studniční) voda získává teplo z vody umístěné ve studni či jiných podzemních vrtech pomocí tzv. jímací studny. Takto použitá voda se poté vrací zpět do podzemí jinou studnou (tzv. vsakovací). Při pořizování čerpadla je nutno započítat i náklady spojené s vyvrtáním studní. Jeden z legislativních zákonů udává, že se voda nesmí vypouštět na povrch (tedy do kanalizace či do tekoucí říčky apod.). Je to z důvodu toho, že by došlo k znehodnocení vody hlubinné na vodu povrchovou a nedocházelo by k potřebné cirkulaci vody v ekosystému. Došlo by k odtoku vody a její návrat do ekosystému by bylo prakticky nulové. V posledních letech, kdy se stále častěji vyskytují suchá léta, by se navíc jednalo o výrazné plýtvání s užitkovou vodou během roku. Podobný problém nastává s dešťovou vodou, která ve městských či průmyslových oblastech vtéká do kanalizací a nedochází k jejímu nasáknutí do země. O tomto problému sice tato bakalářská práce nepojednává, nicméně je důležité si tento ekologický problém uvědomovat a řešit ho, protože je to jeden z důvodů, proč vysychají studniční vrty a je třeba poté dělat hlubší vrty právě pro například tepelná čerpadla či zavlažovací systémy. [6]



Obr. 8-2 - Tepelné čerpadlo se zdrojem tepla z podzemní vody [18]

Výhoda podzemní vody je ta, že je teplotně stálější než voda povrchová. Nicméně i zde může dojít k zamrznutí zdroje tepla a k možnému následnému poškození čerpadla. Je vyžadován stálý a velký zdroj vody.

Zdroj tepla z podzemní vody se využívá hlavně na takových geografických místech, kde se vyskytují geotermální prameny, které ohřívají vodu na vysokou teplotu. [6]

8.2.3 Vodní kolektory

Jedna z možností získání tepla z vody, je i umístění soustavy plastových hadic na dno vodní plochy. Ty jsou naplněny nemrznoucí směsí a jejich soustava je napojená na tepelné čerpadlo budovy. Systém je podobný plošnému kolektoru (zmíněn v kapitole 8.3.2), nicméně trubky jsou umístěny pod vodou. Při zamrznutí plochy zde opět může dojít k poškození systému.

Náklady na vybudování takového kolektoru jsou menší ve srovnání se zemním kolektorem. Jelikož nedochází ke znečištění vodou díky vlastnímu médiu, životnost takovéto soustavy je velmi vysoká. Z toho plyne, že se jedná o dobré bezúdržbové řešení. [19]

Hadice s médiem je možno pokládat na dno pomocí lodě, nebo je třeba zajistit vypuštění hladiny pro vhodné upevnění konstrukce (zabudování do dna). Celá konstrukce musí být dostatečně zatížena, aby hadice nevyplavaly. [19]



Obr. 8-3 - Tepelné čerpadlo se zdrojem tepla pomocí vodního kolektoru [19]

8.3 Zdroj nízkopotenciálního tepla ze země

I teplo obsažené v zemi lze využít jako nízkopotencionální zdroj energie, a to pomocí trubkového absorberu, který je vyplněn nemrznoucí směsí. Podobně jako u vody je zde rozdělení na plošné a hlubinné kolektory.

Velkou výhodou je zdroj tepla, který je oproti tepelnému čerpadlu získávající teplo ze vzduchu mnohem stářejší, čímž máme zajištěný vysoký topný faktor během celého roku. Na rozdíl od čerpadel využívajících vzduch se jedná o tišší a méně náročné systémy na údržbu. Také životnost je velmi vysoká. [22]

Nevýhodou může být vyšší investice pořizovacích nákladů, kdy vyvrtání vrtu či kolektoru je oproti zavedení čerpadla vzduch-voda nákladnější.

8.3.1 Hlubinné vrty

Jedná se o plastovou sondu, která je naplněna nemrznoucí směsí. Plastová sonda se vyrábí například z vysokohustotního či nízkohustotního polyetylénu. Hloubka těchto vrtů se uvádí od 60 m až do 250 m. Velmi výhodná je teplotní stálost zdroje, která bývá okolo 5 až 10 °C, záleží však na umístění. Pro aplikaci čerpadla je potřeba podrobný geologický a hydrologický průzkum, zda-li lze čerpadlo vůbec zavést. Nutné je také stavební povolení na výstavbu a provoz těchto vrtů. [6] [20] [31]



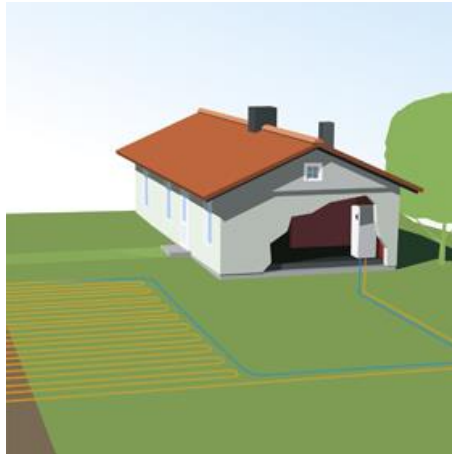
Obr. 8-4 - Tepelné čerpadlo se zdrojem tepla z hlubinných vrtů [20]

8.3.2 Plošné kolektory

Plošné kolektory jsou soustavy plastových potrubí s nemrznoucí směsí umístěných v hloubce 1,5 až 2 m, ve které nedochází k zamrznutí ani v nejchladnějších dnech v celé České republice. Velikost plochy je třeba správně napočítat. V praxi se vyskytuje pozemek o nutné velikosti 200 až 400 m² či se udává okolo trojnásobné velikosti vytápěné plochy. Vzdálenosti mezi jednotlivými potrubími jsou dány výrobcem a zhotovitelem stavby. Jedná se o velmi stálý zdroj tepla, který lze využívat celoročně (v létě např. na vytápění vody v bazénu, apod.). [6] [22]

Při budoucím využití plochy je třeba brát ohled na to, že plocha bude více ochlazována. Kolektor odebírá zhruba 98% energie ze Slunce, která byla předána zemině. Zbytek tepla odebírá z tepla hlubiny Země. Jde tedy o velmi výhodný akumulátor sluneční energie. Navíc během léta dochází k dostatečné tepelné regeneraci zeminy. Jedná se tedy prakticky o nevyčerpatelný zdroj tepla. [22] [32]

Jde však o finančně náročnou investici. Nevýhodou je, že při uvažování stavby na této ploše (garáž, sauna) musíme být velmi opatrní, abychom nepoškodili námi zavedený systém, či abychom ho dokázali při potřebě opravit. Zároveň s tím je nutno uvažovat, že v chladných dnech odebírá kolektor teplo z půdy a teplota média by mohla být pod teplotou 0°C. Měli bychom se tedy vyvarovat křížením takového kolektoru s vodovodním či kanalizačním potrubím, kde nemusí být zajištěn pravidelný odtok splaškových vod. Životnost čerpadla i kolektoru je celkem vysoká, nicméně nikdy nemůžeme zaručit jeho bezproblémovost. Při stavbě kolektoru bychom také měli uvažovat vhodnost zeminy. Vhodná jsou písková podloží na rozdíl od skály či kamení. [22]



Obr. 8-5 - Tepelné čerpadlo se zdrojem tepla z plošného kolektoru [22]

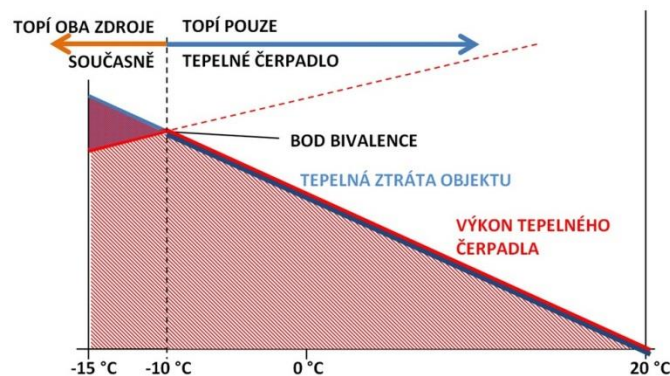
9 Bivalentní zdroj tepla

Jak už bylo nastíněno, s klesající okolní teplotou klesá též tepelný výkon čerpadla. Pro tepelné čerpadlo vzduch-voda proudí voda v otopném systému, konkrétně v radiátorech, s teplotním spádem obvykle 55/45 °C. Tento teplotní spád se dimenzuje pro dobře zateplené stavby, které mají relativně malý prostup tepla. Problém nastává u staveb s vysokým prostupem tepla (staré panelové domy, dřevěné chatky, apod.), které tím ztrácí hlavně v zimních měsících velké množství tepla. Teplota vody v takovýchto vytápěcích systémech se může pohybovat až okolo 80°C. Z tohoto důvodu by mělo být u těchto staveb provedeno zateplení vhodnou izolací.

S klesající teplotou ztrácí tepelné čerpadlo vzduch-voda na výkonu. Zároveň s tím se ale zvětšuje množství uniklého tepla z budovy. Od určitého okamžiku tedy může nastat situace, že tepelné čerpadlo už nedokáže pokrýt tepelné ztráty a je nutný další přídatný zdroj energie, nazývaný bivalentní zdroj tepla. Určení tzv. bodu bivalence lze dosáhnout vícero způsoby.

Některá čerpadla se navrhují jako monovalentní, nicméně zde hrozí nebezpečí nedostatečné pokrytí tepelných ztrát v zimě a zbytečně vysoký výkon čerpadla. Při konstrukčním návrhu je třeba zahrnout jeho vhodnost pro danou oblast.

Bivalentní zařízení začne pracovat od určité venkovní teploty. Ze zkušeností návrhových konstrukcí se mluví přibližně o teplotě mezi -7 až -10 °C. Tyto teploty se neobjevují dlouhodobě, ale jejich výskyt není ani výjimečný. Další možností je dimenzovat tepelné čerpadlo tak, aby bylo schopno 70 % tepelných ztrát během roku a podle toho vypočítat teplotu bivalence. [31] [40]



Obr. 9-1 - Graf bodu bivalence [34]

Jako ekvivalentní zdroje tepla se používají například elektrokotle, plynové kotle, solární panely, kotle na tuhá paliva. Elektrokotle se používají nejčastěji z důvodu finančně výhodného tarifu na elektrickou energii a zároveň z jejich možné ekologičnosti, ovšem záleží na způsobu výroby takovéto elektřiny. Dále lze ještě využít přívodu tepla pomocí potrubí z místní teplárny. Takovýto způsob se většinou využívá u panelových nebo činžovních domů. Záleží na možnosti a volbě jednotlivého majitele čerpadla. Samozřejmě musí dojít ke správnému návrhu a výpočtu topné soustavy a také k její možné termoregulaci.

Většina systémů jsou navrženy automaticky, tj. že při určité teplotě začne bivalentní zdroj sám pracovat. Modernější formy provedení nám zase nabízejí možnost vlastního nastavení konstrukce, resp. od jaké venkovní teploty má dojít k zapnutí bivalentního zdroje, jaký má být teplotní spád topné vody, různá omezení doby zapojení záložního zdroje apod. Na obrázku 9-2 je ukázán ovládací panel možného provedení výše zmíněného od firmy AC heating. [40]



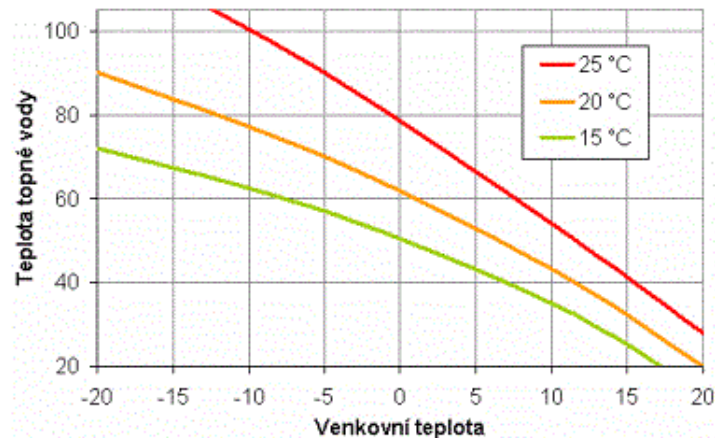
Obr. 9-2 - Ovládací panel bivalentního zdroje tepla [40]

10 Ekvitermní regulace - regulátory

Slouží k řízení zdroje tepla, tj. řízení teploty topné vody. Princip celé regulace je ve změně teploty topné vody na základě venkovní teploty. Pomocí výpočtů provedených při samotném návrhu získáváme funkce vstupních a výstupních teplot v otopných plochách, tzv. ekvitermní křivky, pro jednotlivé místnosti, kdy proměnná je venkovní teplota. Jednotlivé místnosti mohou mít různé vnitřní teploty podle potřeby uživatele. Zdroj [2] udává různé normované teploty v obytných místnostech s různým využitím, viz tabulka 15-1. Tyto funkce jsou poté použity v ekvitermních regulátorech, které jsou schopny měnit teplotu topné vody otopného systému. Ekvitermní regulátory nám umožňují regulovat výkon čerpadla, otevřenost ventilů (jedná-li se o složitější okruh) či obsahují snímače pro vnitřní a venkovní teplotu. [37]

Každé otopné těleso obsahuje dva otvory, kdy do jednoho ústí přívodní potrubí s ohřátou vodou ze zdroje tepla a z druhého otvoru vychází vratné potrubí s vodou ochlazenou po předání tepla do prostoru. Ekvitermní regulátory mohou obsahovat jak snímače, které budou měřit teplotu v místnosti a na jejich parametrech upravovat množství tepla přivedeného do systému, tak i snímače, které budou měřit teplotu vody z vratného potrubí a pomocí ní vypočítat množství tepla přivedeného do místnosti. Na těchto výpočtech pak upraví výkon čerpadla, které pohání topnou vodu v systému, aby místnost byla vyhřátá na požadovanou teplotu při vnějších teplotách, které si systém musí změřit. [37]

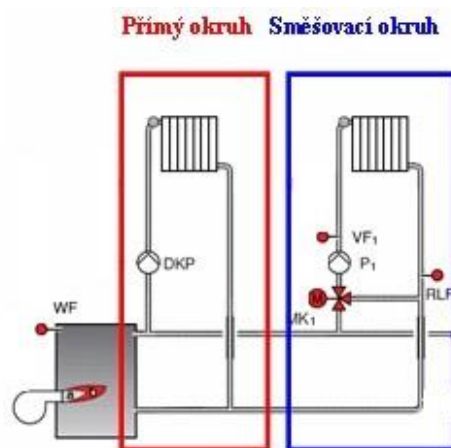
Ekvitermní regulátory obsahují v paměti několik teplotních křivek, mezi kterými si uživatel může volit vyžadovanou teplotu v místnosti. Systém se pak orientuje na základě těchto křivek dle různé venkovní teploty. Ukázka těchto křivek je na obrázku 10-1. Obdobné ekvitermní křivky, lze nalézt také ve výpočtové části práce v kapitole 15.5, kde je zobrazeno dodané teplo tepelného čerpadla a topný faktor v závislosti na měnící se venkovní teplotě. [37]



Obr. 10-1 - Ekvitermní křivky pro různou venkovní teplotu [37]

Jednotlivé ovládací panely ekvitermních regulátorů pak mohou vypadat obdobně jako nastavení bodu bivalence na obrázku 9-2.

Samotný vytápěcí systém nemusí obsahovat pouze okruh, do kterého proudí voda přímo ze zdroje tepla (tento okruh lze tedy nazvat jako přímý). Ten může obsahovat i další okruhy, které vyžadují nižší teplotu vody na vytápění, či například okruhy s teplou užitkovou vodou. Z toho důvodu obsahují tyto okruhy jednotlivé směšovací ventily, které smíchávají dle potřeby a návrhu ochlazenou vodu z přímého okruhu, jejichž teplo lze ovšem dále využít právě na ohřev vody v okruzích, kde je vyžadována menší teplota. Tyto systémy mohou být velmi složité a záleží na jednotlivých parametrech a potřebách uživatele, což se k této práci nevztahuje. Nicméně je dobré uvést, že ekvitermní systémy obsahují také směšovací ventily, různá poháněcí čerpadla a měřiče teploty dle potřeby návrhu tak, aby systém správně fungoval a všude byla přiváděna správná potřebná teplota vody. [37]



Obr. 10-2 - Příklad přímého a směšovacího okruhu [37]

11 Chladicí media

Chladicí medium, resp. chladivo, je taková látka, která přijímá teplo za velmi nízkých hodnot teploty a tlaku. Naproti tomu musí odevzdávat teplo za vysoké teploty a tlaku. Během celého cyklu dochází ke změně fáze chladiva. [8]

Na trhu se dnes pohybuje mnoho druhů chladiv, ať už základních, resp. „čistých“ chladiv, bez příměsí, nebo kombinovaných chladiv, která jsou složena z různých procentuálních kombinací základních chladiv. Každý výrobce se snaží využít či sám vyvinout takové chladivo, které bude pro jeho cyklus co nejuvhodnější, resp. nejefektivnější. Nejzákladnějšími chladivy jsou obyčejné látky jako voda, čpavek či oxid uhličitý, ale mnohem častěji se však jedná o sloučeniny uhlovodíků či halogenových uhlovodíků.

Při označování chladiva se buď využívá jejich celého názvu či vzorce, nebo máme definovanou normu ISO, která nám udává značení složitějších druhů chladiv, jako jsou například halogenové uhlovodíky. Tato norma definuje, že všechna chladiva halogenových uhlovodíků jsou v ČR shodně označována písmenem R a za nimi se vyskytuje trojčíslí XYZ, které je možno ještě doplnit nějakým písmenem pro upřesnění. Písmeno X vyjadřuje počet atomů uhlíku mínus jeden, vychází-li X rovno 0, číslo se nepíše. Písmeno Y vyjadřuje počet atomů vodíku plus jeden a písmeno Z vyjadřuje počet atomů fluoru. Pokud se nám v chemickém vzorci vyskytuje chlor, jeho počet atomů se ve výsledném názvu neuvádí. U bromu je třeba připsat k výslednému názvu příponu B s údajem o množství atomů boru. [8]

Vlastnosti, které jsou žádoucí pro správnou funkci chladiva a které rozhodují o jeho volbě, jsou následující:

- a) Tepelné vlastnosti. Jedná se o pracovní hodnoty tlaků, objemové chladivosti, látkové vlastnosti, atd.
- b) Fyzikální vlastnosti, jako je například elektrická vodivost, rozpustnost ve vodě a oleji
- c) Chemické vlastnosti. Přihlíží se hlavně k jejich působení na konstrukční materiály, možnou hořlavost a výbušnost
- d) Působení na lidské zdraví a organismus
- e) Cena, dostupnost a ekologičnost chladiva [8]

Při zmínění se o pár vlastnostech konkrétněji vybírám například, že pracovní tlak chladiva by se měl pohybovat v rozmezí 0,1 až 2 MPa. Při větším tlaku roste velikost silového namáhání konstrukce. Při nižším tlaku než 0,1 MPa roste naopak možnost nasávání vzduchu do látky skrze netěsnosti. Hořlavost a výbušnost je velmi nebezpečná při použití chladiv samotných uhlovodíků, naproti tomu halogenové uhlovodíky je velmi obtížné vznítit. Při použití určitého typu chladiva je třeba zvážit, o jak nebezpečné prostředí použití se jedná (možnost vzniku jiskry, apod.). [8]

U každého chladiva lze najít hodnotu GWP, tj. Global Warming Potencial. Hodnota GWP udává radiační vlastnosti plynu a vyjadřuje poměr potenciálu 1 kg chladiva (skleníkového plynu) ve srovnání s 1 kg CO₂ v časovém horizontu 20, 100 či 500 let. Dnes běžně používaná chladiva mají hodnotu GWP v řádu tisíců, pro chladivo R134a se jedná například o 1430. Existují ovšem chladiva, která mají hodnotu GWP v řádu jednotek. Ta ovšem nemají tak výhodné vlastnosti. Proto je snaha u výrobce procentuálně namíchat směsi těchto látek. [38]

Dále se zavádí hodnota ODP, tj. Ozone Depleting Potential. Jedná se o relativní hodnotu poměru mezi vybraným chladivem ku chladivu R11. Jedná se o hodnotu potenciálu poškození ozonové vrstvy. R11, jakožto látka obsahující atomy chloru, je dnes již plně zakázáno. Dnes používaná chladiva by měla mít dle mezinárodních zákonů a hodnotu ODP rovnou 0. [38]

Dříve bylo možno používat jakéhokoli halogenového uhlovodíku jako chladiva. V dnešní době se používá výhradně fluorovaných uhlovodíků a jejich směsí. Chladiva obsahující chlor, tj. CFC jsou dnes již úplně zakázána. Stejně tak chladiva označená jako HCFC, resp. hydrochlorofluorokrabony, mezi která spadá například chladivo R22. Stále je sice možno tato chladiva nalézt v chladicích zařízeních, ale je plně zakázáno jejich nové zavádění na trh či systémové úpravy vyžadující otevření systému, kromě likvidace samotného chladiva. V současné době je využíváno chladiv označených jako HFC, resp. hydrofluorkarbyny. Ty mají hodnotu ODP rovnu nule. Hodnota GWP je nicméně stále vysoká. Proto dochází ke stále většímu tlaku skrze mezinárodní úmluvy na výrobce vyvíjet chladiva se stále menší hodnotou GWP. Níže je uvedena tabulka 11-1 nejčastěji využívaných HFC chladiv či přírodních chladiv, které mají velmi nízkou hodnotu GWP. [26]

U tepelných čerpadel se nejvíce využívá chladiv R404A, R407C, R410A a R32. V poslední době se kromě výzkumu halogenových chladiv zkoumá i lepší technologické využití CO₂. Přírodní chladiva mají proti HFC chladivům tu nevýhodu, že jsou jedovatá či hořlavá dle typu konkrétního chladiva. [38]

Tabulka 11-1 - Přehled dnes používaných chladiv [38]

Název:	Chemický vzorec/Složení:	Procentuální složení:	GWP:
R23	CHF ₃	100 %	14800
R125	C ₂ HF ₅	100 %	3500
R134A	CH ₂ FCF ₃	100 %	1430
R152A	C ₂ H ₄ F ₂	100 %	124
R404A	R125 / R134a / R143a	44 / 4 / 52 %	3922
R407A	R32 / R125 / R134a	20 / 40 / 40 %	2107
R407B	R32 / R125 / R134a	10 / 70 / 20 %	2804
R407H	R32 / R125 / R134a	32,5 / 15 / 52,5 %	1495
R410A	R32 / R125	50 / 50 %	2088
R417A	R125 / R134a / R600	46,6 / 50 / 3,4 %	2346
R170	C ₂ H ₆	100 %	6
R290	C ₃ H ₈	100 %	3
R600A	CH(CH ₃) ₂ CH ₃	100 %	3
R717	CH ₃	100 %	0
R744	CO ₂	100 %	1
R1270	C ₃ H ₆	100 %	2

Použití halogenových uhlovodíků jako chladiv omezeno mezinárodním zákonem, kdy je snaha ochránit životní prostředí při snižování emisí. Mezinárodní zákony, resp. zákony

Evropské unie, se do budoucna budou snažit snížit množství HFC na trhu, přesněji řečeno do roku 2030 snížit jejich počet na 21% ze současné hodnoty. V praxi to znamená postupné přecházení používaných chladiv na čisté uhlovodíky, oxid uhličitý, či HFO chladiva, tj. nenasycené uhlovodíky obsahující jednu dvojnou vazbu mezi atomy uhlíku. Záměrem těchto omezení je snaha snížit hodnotu GWP všech používaných chladiv pod 150. [38]

U halogenových uhlovodíků máme téměř nezatelný zápach a malou jedovatost. Mají velmi malou korozivnost, kdy v suchém stavu působí pouze na ne úplně čistý hliník a hořčík. Za přítomnosti vody se jejich korozivnost zvyšuje. Z důvodu jejich dobré prolínivosti je vyžadována velmi dobře těsnící soustava a s tím i vhodné použití materiálu. Zjišťování úniku halogenových uhlovodíků se provádí pomocí halogenové lampy, či halogenového detektoru. U halogenové lampy se využívá obarvení plamene za přítomnosti halogenového uhlovodíku, kdy plamen obsahuje měděnou součást. U halogenového detektoru se využívá metody žhavené anody, kdy během měření pozorujeme akustické a optické znaky. Obě tato měření jsou schopna měřit s citlivostí 10^{-1} g·rok⁻¹. [8]

Dle nařízení EU č. 517/2014 je nutno provádět pravidelné kontroly těsnosti chladících zařízení, jakožto i klimatizačních zařízení a tepelných čerpadel. Ke kontrolám by mělo docházet minimálně jednou ročně (u zařízení s automatickým detekčním systémem může být tato doba prodloužena o dvojnásobek). Tyto kontroly mohou provádět pouze certifikované osoby či firmy. Pro každé takovéto zařízení se poté musí uchovávat vedení záznamů o provedených měření a servisních úprav. [38]

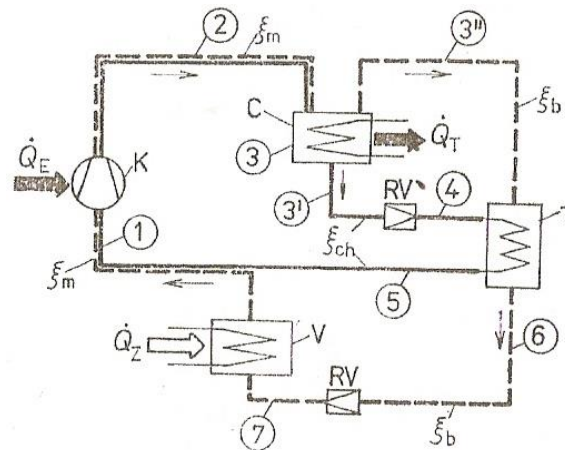
11.1 Neazeotropní směsi

Jedná se o dvou a více složkové směsi chladiv, které při izobarické změně skupenství nemají konstantní teplotu. Jednou z výhod je, že lze překonat velké teplotní rozpětí jednostupňovým tlakovým poměrem, kdy u jednosložkových chladiv bychom museli využít vícestupňového zapojení. [6]

Při dvousložkové směsi označujeme jako flegmatictější látku tu, která mění skupenství za určitého tlaku při vyšší teplotě a těkavější látku tu, která mění skupenství při nižší teplotě za stejného tlaku jako v předchozím případě. [6]

Jako příklad pro představu je uvedena dvojice chladiv R11 a R12, která jsou dnes, jako halogenová chladiva obsahující chlor, plně zakázána. Při tlaku $p_1=0,1$ MPa vře chladivo R11 při teplotě 23 °C a R12 vře při teplotě -30 °C. Chladivo R11 je tedy flegmatictější látkou a R12 těkavější. Při tlaku $p_2=0,8$ MPa kondenzuje chladivo R11 při teplotě přibližně 100 °C, zatímco R12 je přibližně o 60 °C nad teplotou kondenzace. [6]

Podíváme-li se na obrázek 11-1, vidíme základní zapojení neazeotropní směsi, kde čárkovanou čarou je označena těkavější látka a plnou flegmatictější. Při takovémto zapojení je tedy vidět, že při tlakovém spádu 8 je neazeotropní směs schopna překonat teplotní interval 130 °C, kdežto samostatná chladiva by zvládla pouze okolo 70 °C. Nicméně je třeba podotknout, že zapojení bývá složitější a chladiva se nedaří od sebe čistě rozdělit. [6]



Obr. 11-1 - Základní zapojení jednostupňového okruhu s neazeotropní směsí [6]

Neazeotropní látky mají ovšem i své nevýhody. Jednou z nich je složitost tepelného výpočtu. Jednotlivé hodnoty se těžko určují z důvodu směsi látky, kdy je třeba využívat fyzikálních pokusů a experimentů. Dalším problémem je komplikovaný provoz zařízení při změně a regulaci výkonu. Při možném úniku chladiva netěsnostmi nastává problém se změnou procentuálního složení chladiva, které se velmi těžko získává nazpět a většinou se musí řešit úplnou výměnou chladiva. [6]

Zajímavostí je, že při pohledu na procentuální složení neazeotropního chladiva nastává oproti téměř jednosložkovému stavu, resp. přes 90 % obsahu jedné látky, výrazný pokles součinitele přestupu tepla. Při pohledu na rovnici [5-1] to znamená, že dochází také ke snížení hodnoty součinitele prostupu tepla k . Jelikož nechceme měnit teploty a s tím spojený střední logaritmický teplotní spád ΔT_s , je třeba zvětšit směnou plochu výměníku S a výměník je poté rozměrnější a těžší. [6]

Jako jedna z neazeotropních směsí je například látka R407H, která je také uvedena v zadání práce. Toto chladivo se používá jako náhrada za chladivo R404A, R507 či R22. Využívá se jí z toho důvodu, že má nižší hodnotu GWP než výše zmíněná chladiva. Při hledání hodnot pomocí výpočetního programu REFPROP bylo nalezeno, že pro tuto směs při tlaku 0,1 MPa má teplota vypařování na levé mezní křivce hodnotu $-44,859\text{ }^\circ\text{C}$ a teplota vypařování na pravé mezní křivce má hodnotu $-37,843\text{ }^\circ\text{C}$, což je rozdíl více jak 7 K. Srovnáme-li to s čistou vodou, či s jinými azeotropními chladivy, kdy vypařování probíhá při izobarických a izotermických podmínkách, jedná se o zásadní změnu.

12 Ekonomické výhody tepelného čerpadla

12.1 Kotlíkové dotace

Kotle na tuhá paliva se dělí do tzv. emisních tříd, které jsou v rozmezí 1 až 5, přičemž hodnota 1 je nejhorší a hodnota 5 je nejlepší. Emisní třídy jsou kotli přiřazeny na základě normy ČSN EN 303-5. Dle zákona České Republiky nebude moci možno provozovat v domácnostech kotle emisní třídy 1. a 2. od roku 2022. Od roku 2014 bylo možno prodávat pouze kotle emisní třídy 3. a vyšší a od roku 2018 dokonce jen emisní třídy 4. a vyšší. Od roku 2020 nebude možno koupit dokonce ani kotle 4. a 5. emisní třídy. Nové kotle budou muset splňovat novou normu Evropské unie, tzv. EKODESIGN. [36]

Emisní třídu jednotlivého kotle můžeme najít na štítku kotle či v jeho technické dokumentaci. Hodnota emisní třídy záleží na faktorech tvorby spalin, jako jsou tuhé částice, oxidy uhlíku, síry či dusíku v porovnání s výkonem kotle. [36]

Nyní něco ke kotlíkové dotaci. Jedná se o peníze z evropských fondů určené pro občany České Republiky, majitele rodinných domů, kteří se rozhodli vyměnit staré neekologické kotle na tuhá paliva za moderní vytápěcí zařízení, jako např.:

- kotle na pevná paliva (automatické kotle spalující pelety či uhlí)
- tepelné čerpadlo (země-voda, vzduch-voda, voda-voda)
- solárně-termické soustavy určené na vytápění či přípravu teplé vody (nutná kombinace s jiným druhem vytápění)

Účelem tohoto fondu Evropské unie je snížit emise, které zatěžují ovzduší ve městech a na vesnicích v zimních měsících. Podle odhadu z roku 2015 se v ČR vyskytuje okolo 350 tisíc takto škodlivých kotlů. Účelem dotací je do roku 2020 vyměnit až 80 tisíc kotlů. [36]

Výše dotace se liší podle typu pořizovacího zdroje tepla. Ta se pohybuje od 70% do 80%. Zároveň s tím se mění i maximální výše dotace, kterou lze z fondu získat, opět podle typu pořizovaného zdroje tepla. Ta se pohybuje od 75 000 Kč do 127 500 Kč. Je-li adresa pořizovatele v oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší, získává majitel dotační bonus o hodnotě 7 500 Kč. Jednou z takovýchto oblastí je například právě Plzeň, ale i jiná velká či střední města v ČR.

Tabulka 12-1 - Přehled výše jednotlivých dotací [36]

Typ nového zdroje	Max % podpory	Podpora (max. limit dotace v Kč)	
		Ostatní oblasti	Prioritní oblasti
Kotle na biomasu se samočinnou dodávkou paliva (peletové kotle)	80%	120 000 Kč	127 500 Kč
Tepelná čerpadla (všechny typy)	80%	120 000 Kč	127 500 Kč
Kotle na biomasu s ruční dodávkou paliva	80%	100 000 Kč	107 500 Kč
Plynové kondenzační kotle	75%	95 000 Kč	102 500 Kč
Kombinované kotle na uhlí a biomasu se samočinnou dodávkou paliva	75%	75 000 Kč	82 500 Kč

Jednotlivé dotace pro rodinné domy schvaluje krajský úřad, který má utvořenou vlastní vzorovou žádost včetně potřebné dokumentace, tj. písemná žádost o dotaci, fotodokumentace stávajícího kotle s připojením na komín, či písemné souhlasy partnera či dalších majitelů pozemku, je-li jich více.

Aby byla žádost schválena, je potřeba potvrdit instalaci tepelného zdroje kvalifikovanou topenářskou firmou, která pro to má platné osvědčení. Namátkou jsou zmíněny firmy AC Heating, či PZP Heating. [36]

12.2 Tarifní sazby za vytápění tepelným čerpadlem

Tarifní sazby fungují na principu tzv. dvojitého tarifu, resp. nízkého a vysokého, které se liší v ceně za spotřebovanou elektřinu. Z logiky názvu plyne, že nízký tarif označuje tarif s nižší cenou elektřiny než vysoký. Obecně platí, že vyšší tarif se účtuje ve chvílích, kdy je zatížení elektrické sítě nejvyšší a tedy snahou nízkého tarifu je, aby lidé odebírali elektřinu ve chvílích, kdy síť není tak zatížena. Doba a čas trvání nízkého tarifu se liší podle druhu sazby a zároveň zeměpisné lokaci, aby účtování vysokého a nízkého tarifu probíhalo v ČR na několika místech v jinou denní dobu.

Pro tepelná čerpadla platí několik distribučních sazeb, podle kterých je vypočítávána cena za elektřinu. V České Republice můžeme najít tarify pro tepelná čerpadla, sloužící k vytápění domácnosti, pojmenované jako D55d, D56d a D57d. Délka doby trvání nízkého tarifu se u těchto tarifů liší. [23]

Sazba D55d slouží pro rodinné domácnosti, které uvedly tepelné čerpadlo do provozu do data 31.3.2005. Od tohoto data dále platí pro tepelná čerpadla uvedená do provozu sazba D56d, a to až do data 31.3.2016. Tyto dvě sazby mají dobu trvání nízkého tarifu 22 hodin denně. [17] [23]

Nové sazby s uvedením tepelného čerpadla do provozu, tj. uzavření první smlouvy s elektrickým distributorem od data 1.4.2016 musejí využívat sazbu D57d, která stanovuje dobu trvání nízkého tarifu 20 hodin denně. [17]

Platnost trvání nízkého tarifu je přes den rozdělena do několika časových intervalů, maximálně však do sedmi a žádný z nich nesmí být kratší než jedna hodina. Vysoké tarify naopak nesmí trvat déle než jednu hodinu. [23]

Dále pak ještě existuje možnost distributora vypínat několikrát za den tepelné čerpadlo pomocí systému HDO, resp. hromadného dálkového ovládání. Příjímačem HDO, který je umístěn přímo u odběratele, mohou být na dálku (pomocí impulzního kódu, který je vysílán spolu s frekvencí elektrické sítě) vypnuty spotřebiče během doby trvání vysokého tarifu, aby bylo ulehčeno zatížení elektrické sítě. [17] [41]

13 Norma ČSN EN 12 831 - výpočet topného výkonu pro vytápěný prostor

Pro výpočet návrhového topného výkonu funkční části budovy vycházíme z normy ČSN EN 12 831. V ní je definována zjednodušená výpočtová metoda, která vychází z níže zmíněných vzorců. [2]

Norma ČSN EN 12 831 uvádí přesnou formu výpočtu. Ta zohledňuje například relativní vlhkost stěn, ztráta tepla do země prostorem pod úrovní země či do sousedního vytápěného prostoru. Norma uvádí též zjednodušenou formu výpočtu. Ta byla uplatněna ve výpočtové části této bakalářské práce a je popsána níže v kapitolách 13.1 až 13.4.

13.1 Návrhový tepelný výkon budovy

$$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i} \quad [13-1]$$

Kde: Φ_{HL} [W] celkový tepelný výkon funkční části budovy
 $\sum \Phi_{T,i}$ [W] součet tepelných ztrát prostupem všech vytápěných prostorů s výjimkou tepla sdíleného uvnitř funkční části budovy
 $\sum \Phi_{V,i}$ [W] součet tepelných ztrát větráním všech vytápěných prostorů s výjimkou tepla sdíleného uvnitř funkční části budovy
 $\sum \Phi_{RH,i}$ [W] součet zátopových tepelných výkonů všech vytápěných prostorů pro vyrovnání vlivu přerušovaného vytápění

13.2 Návrhová tepelná ztráta prostupem

$$\Phi_{T,i} = \sum_k f_k \cdot A_k \cdot U_k \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [13-2]$$

Kde: $\Phi_{T,i}$ [W] návrhová tepelná ztráta prostupem jednoho vytápěného prostoru
 f_k [-] teplotní korekční součinitel pro stavební části při uvažování rozdílu teploty uvažovaného případu a výpočtové venkovní teploty.
 A_k [m²] plocha stavební části
 U_k [W·m⁻²·K⁻¹] součinitel prostupu tepla stavební části
 $\theta_{int,i}$ [°C] Teplota interiéru
 θ_e [°C] Venkovní výpočtová teplota

Hodnoty f_k jsou uvedeny v příloze a jsou k nalezení v normě ČSN EN 12831 v příloze D.7.2.

13.3 Návrhová tepelná ztráta větráním

$$\Phi_{V,i} = 0,34 \cdot n_{min} \cdot V_i \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [13-3]$$

Kde: $\Phi_{V,i}$ [W] návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru
 n_{min} [hod⁻¹] nejmenší intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu
 V_i [m³] objem vytápěného prostoru stanovený z vnitřních rozměrů

Hodnoty n_{min} jsou uvedeny v příloze a jsou k nalezení v normě ČSN EN 12831 v příloze D.5.1.

13.4 Zátopový tepelný výkon

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} \quad [13-4]$$

Kde $\Sigma\Phi_{RH,i}$ [W] zátopový tepelný výkon přerušovaně vytápěného prostoru
 A_i [m²] podlahová plocha vytápěného prostoru
 f_{RH} [-] zátopový součinitel

Zátopový součinitel je závislý na druhu budovy, stavební konstrukci, na předpokládaném poklesu vnitřní teploty během doby, kdy nedochází k vytápění a na době, po kterou trvá zatopení. Hodnoty f_{RH} jsou uvedeny v příloze a jsou k nalezení v normě ČSN EN 12831 v příloze D.6. [2]

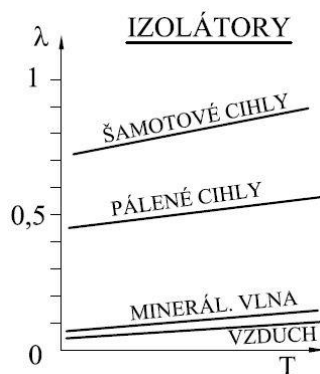
13.5 Výpočet součinitele prostupu tepla pro rovinnou stěnu

Nejdříve si definujeme součinitel tepelné vodivosti. Dle Biotova-Fourierova zákona platí, že tepelný tok, pro jednoduchost značíme q , vyjadřuje množství tepla, které projde jednotkovou plochou, kolmou na směr šíření, za jednotkový čas. Zároveň se teplo šíří opačným směrem, než je gradient pole teplot. Platí tedy vzorec [13-5]. [9]

$$q = -\lambda \cdot \text{grad}(T) \quad [13-5]$$

Kde λ [W·m⁻¹·K⁻¹] součinitel teplotní vodivosti

Velikost λ je závislá na více faktorech, například na typu látky, teplotě, vlhkosti. Látky s velmi nízkým λ nazýváme izolátory. Ty mívají hodnotu λ do 1 W·m⁻¹·K⁻¹. Jedná se o různé stavební a izolační materiály. Jedním z nejlepších izolantů s velmi nízkým číslem λ (okolo 0,04) je suchý vzduch. Obecně platí, že čím menší číslo λ , tím lepší izolant. Dále je vysvětleno proč. [9]

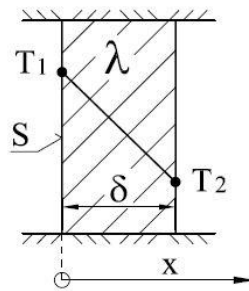


Obr. 13-1 - Ukázka látek používaných jako izolátory [9]

Uvažujeme-li jednodimencionální stacionární vedení tepla pevným tělesem, bez vnitřního zdroje tepla, přetváří se nám vzorec [13-5] do zjednodušené podoby, který poté můžeme jednoduše zintegrovat.

$$\dot{Q} = -\lambda \cdot S \cdot \frac{dT}{dx} \quad [13-6]$$

$$T = -\frac{\dot{Q}}{\lambda S} x + C \quad [13-7]$$



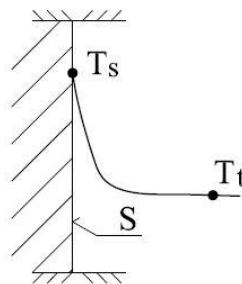
Obr. 13-2 - Jednodimenzionální vedení tepla rovinnou stěnou [9]

Pro zbavení se integrační konstanty C je třeba zavést okrajové podmínky. Z obrázku 13-2 je patrné že: $x = 0 \Rightarrow T = T_1$; $x = \delta \Rightarrow T = T_2$. Získáváme tedy výsledný vzorec [13-8].

$$\dot{Q} = S \frac{\lambda}{\delta} (T_1 - T_2) \quad [13-8]$$

Při předávání tepla z povrchu stěny do média, např. tekutiny či vzduchu, zavádíme tzv. součinitel přestupu tepla. Průtok tepla totiž závisí nejen na teplotách stěny a okolí, nicméně také na vlastnostech dané tekutiny či na charakteristice proudění (rychlost, umístění, vlhkost, viskozita, laminární či turbulentní proudění, přirozenou či nucenou konvekci).

$$\dot{Q} = S \cdot \alpha \cdot (T_s - T_t) \quad [13-9]$$



Obr. 13-3 - Přestup tepla ze stěny do tekutiny [9]

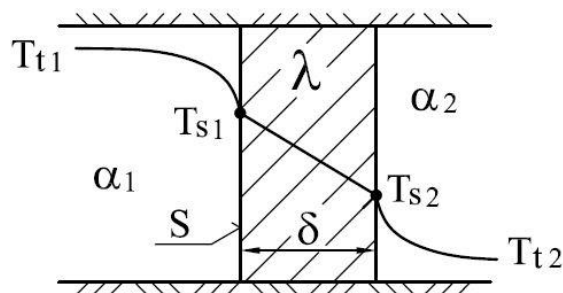
Hodnota α má jednotky $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. Její velikost se pohybuje v rozmezí několika řádů. Výpočet je obtížný, jelikož zohledňuje mnoho faktorů. Jeho hodnoty získáváme algebraicky, numericky či experimentálně. Využíváme tzv. kritériálních rovnic, které charakterizují poměry mezi podobnostními čísly pro daný stav proudění.

Pro výpočet topného výkonu vytápěného prostoru se dle normy využívá standardizovaných hodnot, které byly určeny za normálních podmínek. [5]

Některé normy nezavádějí součinitel přestupu tepla α , nicméně tzv. odpor při přestupu tepla R . Vztah mezi těmito dvěma veličinami je vyjádřen vztahem [13-10]. [5]

$$R = \frac{1}{\alpha} \quad [13-10]$$

Pro stanovení součinitele přestupu tepla si podle obrázku 13-4 určíme pro nejjednodušší případ tři rovnice. [9]



Obr. 13-4 - Prostup tepla skrze rovinnou stěnu [9]

$$\dot{Q} = S \cdot \alpha_1 \cdot (T_{t1} - T_{s1}) \quad [13-11]$$

$$\dot{Q} = S \frac{\lambda}{\delta} (T_{s1} - T_{s2}) \quad [13-12]$$

$$\dot{Q} = S \cdot \alpha_2 \cdot (T_{s2} - T_{t2}) \quad [13-13]$$

Pro zmenšení počtu neznámých tedy převedeme rozdíl teplot na jednu stranu rovnic a zbytek na druhou stranu. Při sečtení získáváme výslednou rovnici ve tvaru [13-14].

$$T_{t1} - T_{t2} = \frac{\dot{Q}}{S} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \quad [13-14]$$

Při převedení rovnice [13-14] do původní podoby dostáváme obecný vztah [13-15].

$$\dot{Q} = k \cdot S \cdot (T_{t1} - T_{t2}) \quad [13-15]$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{R_1 + \sum \frac{\delta}{\lambda} + R_2} \quad [13-16]$$

Ze vzorce [13-16] tedy plyne, že čím je velikost λ menší, tím menší bude také k , resp. tepelná ztráta objektu. Proto stále hledáme izolanty s co nejmenší hodnotou λ . Stejně tak, čím větší bude δ , resp. tloušťka stěn či materiálu, tím menší je tepelná ztráta objektu. Hodnoty α pravděpodobně moc neovlivníme, nicméně bychom se snažili získat jeho velikost co nejmenší. Předpokládáme-li, že teplota v místnosti vytápěného objektu se nemění, poté je ze vzorce [13-15] vidět, že s klesající venkovní teplotou stoupá i rozdíl teplot a tím i tepelná ztráta. [9]

14 Výpočet otopného tělesa dle normy ČSN EN 442

14.1 Výpočet skutečného tepelného výkonu otopného tělesa

Při výběru otopného tělesa uvádějí výrobci většinou jeho tepelný výkon při teplotách 75/65/20 °C. Podle typu výrobce se mohou vyskytovat též hodnoty 90/70/20 °C, 70/55/20 °C či 55/45/20 °C. Proudí-li v potrubí jiný teplotní spád, než určený výrobcem, je třeba přepočítat tepelný výkon tělesa podle normy ČSN EN 442. Tento výpočet je k nalezení ve zdroji [1] a [3]. Při uvažování všech vlivů působících na těleso má výsledný vzorec tvar [14-1]. [1]

$$Q = Q_N \cdot \varphi_{\Delta t} \cdot \varphi_x \cdot \varphi_o \cdot \varphi_n \cdot \varphi_p \quad [14-1]$$

Kde: Q [W] skutečný tepelný výkon tělesa výkon
 Q_N [W] jmenovitý tepelný výkon tělesa
 $\varphi_{\Delta t}$ [-] opravný součinitel na teplotní rozdíl
 φ_x [-] opravný součinitel na připojení tělesa
 φ_o [-] opravný součinitel na úpravu okolí
 φ_n [-] opravný součinitel na počet článků
 φ_p [-] opravný součinitel na umístění tělesa v prostoru

Výpočet hodnoty $\varphi_{\Delta t}$ bude ukázán níže. Zbylé hodnoty φ_x , φ_o , φ_n a φ_p jsou určeny tabulkovými hodnotami, jejichž hodnoty lze vyhledat v odborné literatuře [1].

14.2 Výpočet opravného součinitele na teplotní rozdíl

Pro stanovení hodnoty $\varphi_{\Delta t}$ postupuje následovně. Vycházíme opět ze vzorce pro výpočet množství tepla při prostupu přes rovinnou stěnu.

$$Q = k \cdot S_L \cdot (t_{wm} - t_D) \quad [14-2]$$

$$t_{wm} = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} \quad [14-3]$$

Kde: Q [W] skutečný tepelný výkon tělesa
 k [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] součinitel prostupu tepla
 S_L [m^2] velikost teplosměnné plochy
 t_{w1} [$^{\circ}C$] teplota na vstupu do otopné plochy
 t_{w2} [$^{\circ}C$] teplota na výstupu z otopné plochy
 t_{wm} [$^{\circ}C$] střední teplota vody v otopném tělese
 t_D [$^{\circ}C$] teplota vzduchu v místnosti

Při uvažování změny výkonu tělesa z normované hodnoty dané výrobcem (označeno indexem N), rovná se poměr jednotlivých výkonů výrazu [14-4].

$$\frac{Q}{Q_N} = \frac{k \cdot S_L \cdot (t_{wm} - t_D)}{k_N \cdot S_{LN} \cdot (t_{wmN} - t_{DN})} \quad [14-4]$$

Při uvažování pouhé změny výkonu na základě změny vstupních a výstupních teplot platí, že otopná plocha zůstává stejná, resp. $S_L = S_{LN}$. Při změně teplot dochází ke změně součinitele prostupu tepla. To se děje z toho důvodu, že střední teplota vody v radiátoru má vliv na velikost součinitele přestupu, resp. α . Jelikož tedy platí, že $k \neq k_N$, zavádí se tedy kvůli této nerovnosti teplotní exponent otopného tělesa, resp. n . [1]

$$\frac{Q}{Q_N} = \left(\frac{t_{wm} - t_D}{t_{wmN} - t_{DN}} \right)^n = \left(\frac{\Delta t}{\Delta t_N} \right)^n \quad [14-5]$$

Tento exponent se určuje experimentálně. Měření se provádí při naměření čtyř různých výkonů v experimentální komoře. Tyto výkony jsou závislé na teplotě, a když proložíme těmito logaritmickými souřadnicemi přímkou, její směrnice se rovná hodnotě exponentu n . Velikost exponentu je závislá na průtoku tělesem, typu tělesa či na teplotách. Z toho důvodu se jeho velikost vždy pohybuje v určitém rozmezí, ovšem pro výpočty se bere jeho konstantní hodnota. Níže jsou ukázány některé jeho hodnoty podle typu tělesa. [1]

podlahová otopná plocha.....	n = 1,1
desková otopná tělesa.....	n = 1,26, až 1,33
trubková koupelnová tělesa.....	n = 1,2 až 1,3
tělesa podle DIN 4703.....	n = 1,3
konvektory	n = 1,3 až 1,5
konvektory s ventilátorem.....	n = 1,05 až 1,2

Dále se zavádí tzv. podíl rozdílu teplot. Značí se c a jedná se o bezrozměrovou veličinu.

$$c = \frac{t_{w2} - t_D}{t_{w1} - t_D} \quad [14-6]$$

a) pro $c \geq 0,7$ se používá tzv. aritmetického rozdílu teplot Δt_{ar} :

$$\Delta t_{ar} = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} - t_D \quad [14-7]$$

$$Q = Q_N \cdot \varphi_{\Delta t} = Q_N \cdot \left(\frac{\Delta t_{ar}}{\Delta t_{N,ar}} \right)^n \quad [14-8]$$

b) pro $c < 0,7$ se používá tzv. logaritmického rozdílu teplot Δt_{ln} :

$$\Delta t_{ln} = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\ln \left(\frac{t_{w1} - t_D}{t_{w2} - t_D} \right)} \quad [14-9]$$

$$Q = Q_N \cdot \varphi_{\Delta t,ln} = Q_N \cdot \left(\frac{\Delta t_{ln}}{\Delta t_{N,ln}} \right)^n \quad [14-10]$$

Dle ČSN EN 442 se používá aritmetický rozdíl teplot v celém rozsahu. Nicméně ve výpočtech spojených s touto prací bylo vždy použito logaritmického rozdílu teplot, který dává přesnější výsledky s blížícím se hodnoty t_{wm} k hodnotě t_D .

Při výběru otopného tělesa se dále zohledňují i další faktory. Jedním z nich je i délka tělesa, které by mělo být po celé délce okna z důvodu lepší tepelné pohody a cirkulace vzduchu v místnosti. [1]

15 Výpočtová část

Pro výpočet zadaný v bakalářské práci je třeba si připomenout jednotlivá specifikace zadání. Jedná se o modelovou úlohu, kdy plynový kotel, resp. tepelné čerpadlo, je uvažováno pouze na vytápění rodinného objektu. Na ohřev teplé užitkové vody je uvažován jiný zdroj tepla. Tepelné čerpadlo pracuje jako monovalentní, tedy bez záložního zdroje. Jedná se o dvoupodlažní rodinný dům, umístěný v Plzni. Půdorys podlaží a bokorys je možno nalézt v příloze bakalářské práce. Všechny pokoje mají stejnou teplotu 20 °C.

Venkovní teplota je po celý den konstantní. Cyklus tepelného čerpadla je jednostupňový parní oběh ukázaný na obrázku 4-3. Všechny děje jsou určeny jako ideální.

Výpočet provedený v bakalářské práci se skládá z několika kroků.

1. Výpočet tepelné ztráty nezatepleného objektu při -20 °C. Podle něho budou navrhnuty radiátory dle potřebného tepelného výkonu. Radiátory byly vybrány ze zdroje [7].
2. Výpočet tepelné ztráty zatepleného objektu jednotlivých místností při jednotlivých teplotách
3. Přepočítání změny teploty na radiátoru dle potřeby v jednotlivých místnostech pro stanovení maximální potřebné teploty vody v radiátorech.
4. Výpočet topného faktoru a příkonu tepelného čerpadla pro jednotlivá chladiva uvedená v zadání
5. Poměr dodaného tepla tepelného čerpadla ku příkonu plynového kotle a porovnání nákladů.

Rodinný dům je tvořen celkem třinácti místnostmi. Jednotlivé místnosti jsou očíslovány podle pater. Každá místnost obsahuje jeden radiátor, kromě místnosti 1.7. Místnost 1.7. obsahuje dva radiátory, takže je tepelný výkon místnosti 1.7., při výpočtu vstupní teploty na radiátoru, vydělen dvěma.

15.1 Výpočet topného výkonu rodinného domu

Výpočet topného výkonu rodinného domu byl proveden na základě normy ČSN EN 12 831, která je zmíněna v kapitole 13. Zadání bakalářské práce definuje přesné vnitřní a vnější teploty. Norma obsahuje jejich přesnou definici vnitřních teplot, z nichž některé jsou uvedeny v tabulce 15-1. Teploty v místnostech byly jednotně určeny na 20 °C podle zadání bakalářské práce.

Tabulka 15-1 - Přehled jednotlivých teplot místností [2]

Obytné trvale užívané budovy	Výpočtová teplota místnosti dle normy ČSN EN 12 831
Obývací pokoje, ložnice, jídelny s kuchyňským koutem, pracovny, dětské pokoje	20 °C
Kuchyně	20 °C
Koupelny	24 °C
Klozety	20 °C
Vedlejší místnosti (předsín, chodby, atd.)	15 °C
Vytápěné schodiště	10 °C

Vnější výpočtová teplota v Plzni je určena normou ČSN EN 12 831 na hodnotu -12 °C. Výpočet provedený v této bakalářské práci byl inspirován touto normou, ovšem za venkovní výpočtovou teplotu byly dosazeny jiné hodnoty. Zadání bakalářské práce definuje přesně venkovní teploty v rozmezí od -20 °C do 15 °C s intervalem 5 °C. Pro zajímavost byl proveden výpočet i pro venkovní teplotu -12 °C, protože podle ní by mělo dále probíhat dimenzování technických záležitostí uvnitř objektu. Z důvodu možného poklesu teplot v chladných zimních ránech až k hodnotě -20 °C, byla provedena dimenzace a vše s tím spojené při této nejnižší teplotě. Pro zjednodušení výpočtu byla stanovena stálá teplota zeminy 5 °C.

Jak bylo zmíněno v kapitole 13, výpočet topného výkonu rodinného domu se skládá z několika částí, tj. návrhová tepelná ztráta prostupem, návrhová tepelná ztráta větráním a návrhový tepelný výkon pro přerušovaně vytápěné budovy. Jednotlivé vzorce obsahují stavební hodnoty, které je potřeba si nejdříve nadefinovat.

15.1.1 Součinitel prostupu tepla stavební části U_k

V teoretické části je uveden výpočet součinitele prostupu tepla. Význam jednotlivých veličin je uveden v teoretické části. Pro přehlednost uvádím vzorec [15-1].

$$U_k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{R_1 + \sum \frac{\delta}{\lambda} + R_2} \quad [15-1]$$

Hodnoty jednotlivých členů byly primárně převzaty z normy ČSN EN 730540-3, pokud tato norma neobsahovala potřebné informace, byl použit internetový zdroj [34]. Pro navrhnutý rodinný dům této práce je třeba vypočítat hodnoty U_k pro dva typy stěn, střechu a podlahu. Hodnoty U_k pro ztrátu tepla skrze okna či dveře byly určeny ze zdroje [5].

$$U_{k1,iz} = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + R_{se}} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,45}{0,8} + \frac{0,1}{0,051} + 0,04} \approx 0,371 \frac{W}{m^2 \cdot K} \quad [15-2]$$

Tabulka 15-2 - Výpočet prostupu tepla pro zateplenou zeď 1

Výpočet $U_{k1,jz}$		Součinitel tepelné vodivosti	Tloušťka vrstvy	Odpor při přestupu tepla svislého vnitřního povrchu	Odpor při přestupu tepla svislého vnějšího povrchu	Vypočtený prostup tepla
		λ [W/(m·K)]	δ [m]	R_{si} [(m ² ·K)/W]	R_{se} [(m ² ·K)/W]	$U_{k1,jz}$ [W/(m ² ·K)]
Zeď 1 - izolovaná	Zdivo z pálených cihel CP 290*140*65	0,8	0,45	0,13	0,04	0,371
	pěnový polystyren EPS, ČSN EN 13 163	0,051	0,1			

Tabulka 15-3 - Výpočet prostupu tepla pro nezateplenou zeď 1

Výpočet $U_{k1,nez}$		Součinitel tepelné vodivosti	Tloušťka vrstvy	Odpor při přestupu tepla svislého vnitřního povrchu	Odpor při přestupu tepla svislého vnějšího povrchu	Vypočtený prostup tepla
		λ [W/(m·K)]	δ [m]	R_{si} [(m ² ·K)/W]	R_{se} [(m ² ·K)/W]	$U_{k1,nez}$ [W/(m ² ·K)]
Zeď 1 - izolovaná	Zdivo z pálených cihel CP 290*140*65	0,8	0,45	0,13	0,04	1,365
	pěnový polystyren EPS, ČSN EN 13 163	0,051	0			

Tabulka 15-4 - Výpočet prostupu tepla pro zateplenou zeď 2

Výpočet $U_{k2,iz}$		Součinitel tepelné vodivosti	Tloušťka vrstvy	Odpor při přestupu tepla svislého vnitřního povrchu	Odpor při přestupu tepla svislého vnějšího povrchu	Vypočtený prostup tepla
		λ [W/(m·K)]	δ [m]	R_{si} [(m ² ·K)/W]	R_{se} [(m ² ·K)/W]	$U_{k2,iz}$ [W/(m ² ·K)]
Zeď 2 - koupelna neizolovaná	Zdivo z pálených cihel CP 290*140*65	0,8	0,45	0,13	0,04	0,370
	pěnový polystyren EPS, ČSN EN 13 163	0,051	0,1			
	Keramické dlaždičky	1,01	0,009			

Tabulka 15-5 - Výpočet prostupu tepla pro nezateplenou zeď 2

Výpočet $U_{k2,nez}$		Součinitel tepelné vodivosti	Tloušťka vrstvy	Odpor při přestupu tepla svislého vnitřního povrchu	Odpor při přestupu tepla svislého vnějšího povrchu	Vypočtený prostup tepla
		λ [W/(m·K)]	δ [m]	R_{si} [(m ² ·K)/W]	R_{se} [(m ² ·K)/W]	$U_{k2,nez}$ [W/(m ² ·K)]
Zeď 2 - koupelna neizolovaná	Zdivo z pálených cihel CP 290*140*65	0,8	0,45	0,13	0,04	1,349
	pěnový polystyren EPS, ČSN EN 13 163	0,051	0			
	Keramické dlaždičky	1,01	0,009			

Tabulka 15-6 - Výpočet prostupu tepla pro střešní konstrukci

Výpočet $U_{k,st}$		Součinitel tepelné vodivosti	Tloušťka vrstvy	Odpor při přestupu tepla pro vnitřní povrch se sklonem do 60°	Odpor při přestupu tepla vnějšího povrchu	Vypočtený prostup tepla
		λ [W/(m·K)]	δ [m]	R_{si} [(m ² ·K)/W]	R_{se} [(m ² ·K)/W]	$U_{k,st}$ [W/(m ² ·K)]
Střecha	Bitumenová vlnitá deska	0,23	0,005	0,1	0,04	0,259
	Stropní konstrukce z keramických tvarovek HURDIS	0,6	0,08			
	Výrobky z minerální vlny (MW) ČSN EN 13162	0,056	0,2			

Tabulka 15-7 - Výpočet prostupu tepla podlahy

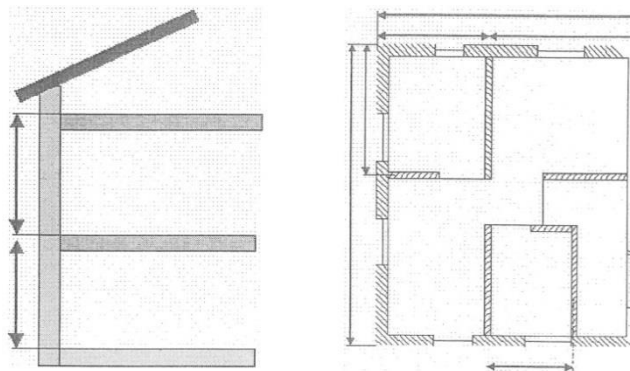
Výpočet $U_{k,pod}$		Součinitel tepelné vodivosti	Tloušťka vrstvy	Odpor při přestupu tepla vodorovného vnitřního povrchu	Odpor při přestupu tepla do zeminy	Vypočtený prostup tepla
		λ [W/(m·K)]	δ [m]	R_{si} [(m ² ·K)/W]	R_{se} [(m ² ·K)/W]	$U_{k,pod}$ [W/(m ² ·K)]
Podlaha	Podklad OSB deska	0,11	0,06	0,1	0	0,273
	Izolace Isover EPS	0,056	0,15			
	Betonová deska	1,23	0,1			
	šterkový násyp	0,58	0,15			

Tabulka 15-8 - Prostup tepla oken a dveří

Hodnoty $U_{k,o}$ a $U_{k,d}$ dle normy ČSN 73 0540-3	Prostup tepla
	$U_{k,o}; U_{k,d}$ [W/(m ² ·K)]
Zdvojená okna s dvěma čirými skly, netěsněná	2,8
Venkovní dveře s jediným sklem	4,7

15.1.2 Plocha stavební části A_k

Pro stanovení plochy A_k je třeba zohlednit vnější rozměry jednotlivých místností a dále tloušťku jednotlivých stěn mezi místnostmi. Pro svislé rozměry se uvažuje vzdálenost mezi podlahami jednotlivých poschodí. U vodorovných rozměrů se uvažuje vzdálenost od středu vnitřní stěny. Je-li stěna vnější, je třeba uvažovat celou její tloušťku. Pro lepší představu je zde předložen obrázek 15-1.



Obr. 15-1 – Stanovení rozměrů jednotlivých ploch [2]

15.1.3 Stanovení jednotlivých součinitelů f_k , n_{min} , f_{RH}

Teplotní korekční součinitel f_k byl stanoven dle zdroje [2] na hodnotu 1. Byl tak zvolen z důvodu toho, že se jedná o ztrátu přímo do vnějšího prostředí a tepelné mosty jsou uvažované jako tepelně izolované. Pro tepelnou ztrátu zemí byl volen f_k rovno 0,3.

Hodnota minimální intenzity výměny vzduchu n_{min} je rovna hodnotě 0,5 pro základní obytné místnosti. Pro kuchyně a koupelny s oknem je hodnota n_{min} rovna 1,5.

Zátopový součinitel f_{RH} , s dobou zátopy 1 hodiny a předpokládaného poklesu vnitřní teploty během teplotního útlumu 1 K, byl zvolen na hodnotu 11. [2]

15.2 Stanovení topného výkonu pro jednotlivé místnosti nezatepleného objektu

Jako příklad je uvedena místnost 1.4. Jedná se o předsíň, která má ze zadání stanovenou teplotu 20 °C. Součinitel prostupu tepla má tedy hodnotu U_{k1} . Dále je třeba si definovat její rozměry:

- Západní zeď má vnitřní rozměry 2000x2050 mm a obsahuje jedno okno o rozměrech 1000x1000 mm.
- Severní zeď, obsahující dveře o rozměrech 2000x800 mm, má tvar pravoúhlého lichoběžníku.
- Šířka místnosti je 1150 mm, na levé straně má výšku 2050 mm a na pravé straně má výšku 3000 mm.
- Tloušťka obvodové nezateplené stěny je 450 mm. Vnitřní stěna na východě má tloušťku 500 mm a vnitřní stěna na jihu má tloušťku 300 mm.
- Střecha je sešikmená o 30°.

Nyní přistoupíme k samotnému výpočtu hodnot tepelných ztrát prostupem, větráním a zátopem. Ukázkový výpočet provádím pro venkovní teplotu -20 °C.

$$\Phi_{T,i,nez} = f_k \cdot A_k \cdot U_{k1,nez} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [15-3]$$

$$\Phi_{T,1.4.,dveře,-20} = 1 \cdot (2 \cdot 0,8) \cdot 4,7 \cdot [20 - (-20)] \approx 300,8 \text{ W} \quad [15-4]$$

$$\begin{aligned} \Phi_{T,1.4.,nez,zed' sever,-20} &= 1 \cdot \left[\frac{(1,15 + 0,45 + 0,25) \cdot (2,05 + 3)}{2} - 2 \cdot 0,8 \right] \cdot 1,365 \\ &\cdot [20 - (-20)] \approx 167,713 \text{ W} \end{aligned} \quad [15-5]$$

$$\Phi_{T,1.4.okno,-20} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2,8 \cdot [20 - (-20)] \approx 112 \text{ W} \quad [15-6]$$

$$\begin{aligned} \Phi_{T,1.4.,nez,zed' zapad,-20} &= 1 \cdot [(2 + 0,45 + 0,15) \cdot 2,05 - 1 \cdot 1] \cdot 1,365 \cdot [20 - (-20)] \\ &\approx 236,451 \text{ W} \end{aligned} \quad [15-7]$$

$$\begin{aligned} \Phi_{T,1.4.,nez,strecha,-20} &= 1 \cdot 2 \cdot \sqrt{(3 - 2,05)^2 + (1,15 + 0,45 + 0,25)^2} \cdot 0,259 \\ &\cdot [20 - (-20)] \approx 43,029 \text{ W} \end{aligned} \quad [15-8]$$

$$\begin{aligned} \Phi_{T,1.4.,nez,podlaha,-20} &= 0,3 \cdot (1,15 + 0,45 + 0,25) \cdot (2 + 0,45 + 0,15) \cdot 0,273 \\ &\cdot (20 - 5) \approx 5,908 \text{ W} \end{aligned} \quad [15-9]$$

$$\Phi_{V,i} = 0,34 \cdot n_{min} \cdot V_i \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [15-10]$$

$$\Phi_{V,1.4.,-20} = 0,34 \cdot 0,5 \cdot \left[2 \cdot 1,15 \cdot \left(\frac{2,05 + 3}{2} \right) \right] \cdot [20 - (-20)] \approx 39,491 \text{ W} \quad [15-11]$$

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} \quad [15-12]$$

$$\Phi_{RH,1.4.} = 2 \cdot 1,15 \cdot 11 = 25,3 \text{ W} \quad [15-13]$$

$$\begin{aligned}\Phi_{HL} &= \sum \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} \rightarrow \Phi_{HL,1.4.,nez,-20} = \\ &= \Phi_{T,1.4.,dveře,-20} + \Phi_{T,1.4.,nez,zed' sever,-20} + \Phi_{T,1.4.okno,-20} \\ &+ \Phi_{T,1.4.,nez,zed' západ,-20} + \Phi_{T,1.4.,nez,střecha,-20} \\ &+ \Phi_{T,1.4.,nez,podlaha,-20} + \Phi_{V,1.4.,-20} + \Phi_{RH,1.4.}\end{aligned}\quad [15-14]$$

$$\begin{aligned}\Phi_{HL,1.4.,nez-20} &= 300,8 + 167,713 + 112 + 236,451 + 43,029 + 5,909 \\ &+ 39,491 + 25,3 \approx 930,692 \text{ W}\end{aligned}\quad [15-15]$$

Celkový topný výkon nezateplené budovy místnosti 1.4. je 930,692 W. Jelikož se logicky jedná o nejvyšší možný dosažitelný tepelný výkon, je proveden dle této hodnoty návrh radiátoru. Místnost 1.4. bude tedy vytápět radiátor RADIK CLASSIC 11 MM 1000x600 s jmenovitým tepelným výkonem 1017 W při teplotních parametrech 75/65/20 W.

V tabulce 15-15 je uvedena tabulka topných výkonů jednotlivých místností s volbou jednotlivých radiátorů. Výpočty tepelné ztráty nezatepleného domu jsou pro jednotlivé místnosti a jednotlivé venkovní teploty uvedeny v příloze, podobně jako celková tepelná ztráta nezatepleného domu při jednotlivých venkovních teplotách.

15.3 Stanovení topného výkonu pro jednotlivé místnosti zatepleného objektu

Při stanovení topného výkonu zatepleného domu podle normy ČSN EN 12 831 nestačí pouze změnit součinitel prostupu tepla o hodnotu zateplení. Jak bylo zmíněno v kapitole 15.1.2, při výpočtu stavební plochy A_k se u vnější stěny musí uvažovat celá její tloušťka. Při zateplení obvodové části domu o 0,1 m izolace dochází tedy i ke zvětšení tloušťky vnější stěny. To je potřeba při výpočtu zohlednit.

Ukázkový výpočet bude opět proveden pro místnost 1.4, při vnější teplotě $-20\text{ }^\circ\text{C}$. Budou ovšem ukázány pouze ty rovnice, které se zateplením domu změnilly. Ať už vlivem změny U_k či vlivem změny vnějších rozměrů.

$$\begin{aligned}\Phi_{HL,1.4.,iz,-20} &= \Phi_{T,1.4.,dveře,-20} + \Phi_{T,1.4.,iz,zed' sever,-20} + \Phi_{T,1.4.okno,-20} \\ &+ \Phi_{T,1.4.,iz,zed' západ,-20} + \Phi_{T,1.4.,iz,střecha,-20} + \Phi_{T,1.4.,iz,podlaha,-20} \\ &+ \Phi_{V,1.4.,-20} + \Phi_{RH,1.4.}\end{aligned}\quad [15-16]$$

$$\Phi_{T,i,iz} = f_k \cdot A_k \cdot U_{k1,iz} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [15-17]$$

$$\begin{aligned}\Phi_{T,1.4.,iz,zed' sever,-20} &= 1 \cdot \left[\frac{(1,15 + 0,55 + 0,25) \cdot (2,05 + 3)}{2} - 2 \cdot 0,8 \right] \cdot 0,371 \\ &\cdot [20 - (-20)] \approx 49,364 \text{ W}\end{aligned}\quad [15-18]$$

$$\begin{aligned}\Phi_{T,1.4.,iz,zed' západ,-20} &= 1 \cdot [(2 + 0,55 + 0,15) \cdot 2,05 - 1 \cdot 1] \cdot 0,371 \cdot [20 - (-20)] \\ &\approx 67,353 \text{ W}\end{aligned}\quad [15-19]$$

$$\begin{aligned}\Phi_{T,1.4.,iz,střecha,-20} &= 1 \cdot 2 \cdot \sqrt{(3 - 2,05)^2 + (1,15 + 0,55 + 0,25)^2} \cdot 0,259 \\ &\cdot [20 - (-20)] \approx 44,880 \text{ W}\end{aligned}\quad [15-20]$$

$$\begin{aligned} \Phi_{T,1.4.,iz,podlaha,-20} &= 0,3 \cdot (1,15 + 0,55 + 0,25) \cdot (2 + 0,55 + 0,15) \cdot 0,273 \quad [15-21] \\ &\cdot (20 - 5) \approx 6,466 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi_{HL,1.4.,iz,-20} &= 300,8 + 49,364 + 112 + 67,353 + 44,88 + 6,466 + 39,491 \quad [15-22] \\ &+ 25,3 \approx 645,653 \text{ W} \end{aligned}$$

Celkový topný výkon zateplené budovy místnosti 1.4. při venkovní teplotě -20 °C je 645,653 W. Níže je uvedena tabulka topných výkonů zateplené budovy místnosti 1.4. při jednotlivých venkovních teplotách.

Tabulka 15-9 - Návrhová tepelná ztráta prostupem pro zateplenou místnost 1.4.

Zateplená místnost 1.4.	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -12°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -20°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -15°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -5°C
	$\Phi_{T,i,j,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-5}$ [W]
Zed' sever	39,491	49,364	43,193	37,023	30,852
Dveře sever	240,640	300,800	263,200	225,600	188,000
Zed' západ	53,882	67,353	58,934	50,515	42,095
Okno západ	89,600	112,000	98,000	84,000	70,000
Střecha	35,904	44,880	39,270	33,660	28,050
Podlaha	6,466	6,466	6,466	6,466	6,466

Tabulka 15-10 - Návrhová tepelná ztráta prostupem pro zateplenou místnost 1.4. - část 2

Zateplená místnost 1.4.	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 0°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 15°C
	$\Phi_{T,i,j,iz,0}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,15}$ [W]
Zed' sever	24,682	18,511	12,341	6,170
Dveře sever	150,400	112,800	75,200	37,600
Zed' západ	33,676	25,257	16,838	8,419
Okno západ	56,000	42,000	28,000	14,000
Střecha	22,440	16,830	11,220	5,610
Podlaha	6,466	6,466	6,466	6,466

Tabulka 15-11 - Návrhová tepelná ztráta větráním pro zateplenou místnost 1.4. - část 1

Zateplená místnost 1.4.	Návrhová tepelná ztráta větráním při - 12°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při - 20°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při - 15°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při - 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při - 5°C
	$\Phi_{V,i,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-5}$ [W]
	31,593	39,491	34,555	29,618	24,682

Tabulka 15-12 - Návrhová tepelná ztráta větráním - část 2 + zátopový tepelný výkon pro zateplenou místnost 1.4.

Zateplená místnost 1.4.	Návrhová tepelná ztráta větráním při 0°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 15°C	Zátopový tepelný výkon pro přerušované vytápěné prostory
	$\Phi_{V,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,15}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]
	19,746	14,809	9,873	4,936	48,736

Tabulka 15-13 - Celkový tepelný výkon pro zateplenou místnost 1.4. - část 1

Zateplená místnost 1.4.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při - 12°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při - 20°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při - 15°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při - 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při - 5°C
	$\Phi_{HL,i,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-5}$ [W]
	522,876	645,653	568,918	492,182	415,446

Tabulka 15-14 - Celkový tepelný výkon pro zateplenou místnost 1.4. - část 2

Zateplená místnost 1.4.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 5°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 15°C
	$\Phi_{HL,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,15}$ [W]
	338,710	261,974	185,238	108,502

Výpočty topných výkonů zateplené budovy pro jednotlivé místnosti a pro jednotlivé venkovní teploty jsou uvedeny v příloze.

15.4 Stanovení potřebného výkonu jednotlivých radiátorů a jeho vstupních a výstupních teplot po zateplení objektu

Výpočet pro všechny místnosti byl proveden tak, že do každé místnosti byl navrhnout radiátor podle potřebného topného výkonu nezatepleného objektu. Při jejich navrhování byla zohledněna velikost oken v místnosti, kdy radiátor by měl být umístěn po celé délce okenního otvoru kvůli cirkulaci teplého vzduchu v místnosti a zvýšení její tepelné pohody. Každému takovému radiátoru byl přiřazen jmenovitý výkon Q_N při teplotách 75/65/20 °C, při kterých pracuje vytápění při zdroji tepla z plynového kotle.

Po napočítání potřebného topného výkonu zatepleného objektu požadovaly jednotlivé místnosti menší výkon topného tělesa při různých venkovních teplotách (viz tabulka 15-15 až 15-18). Po zateplení objektu se mění množství tepla, které prostoupí skrze jednotlivé zdi do okolí. Tím se nám mění potřebný výkon na jednotlivých radiátorech a zároveň s tím i hodnoty teploty vody cirkulující v radiátorech. Vzorce potřebné pro tento výpočet jsou k nalezení v kapitole 14.2.

Skutečná změna teploty v radiátorech oproti jmenovité je vypočtena pomocí poměru kalorimetrických rovnic jmenovitého výkonu Q_N a skutečného výkonu otopného tělesa Q . Po konzultaci s vedoucím práce je uvažováno, že hmotnostní tok \dot{m}_r , který nám zařizuje oběhové čerpadlo, zůstává zachován a stejně tak i měrná tepelná kapacita c_p .

Jelikož je poměr ze vzorce [15-23] převzat ze zdroje [1], bylo ponecháno Q bez tečky, resp. celkové teplo. Dle zákonů termomechaniky by vzorec [15-23] měl obsahovat \dot{Q} , jakožto tepelný tok.

$$\frac{Q_N}{Q} = \frac{\dot{m}_r \cdot c_p \cdot \Delta t_N}{\dot{m}_r \cdot c_p \cdot \Delta t} = \frac{\Delta t_N}{\Delta t} \quad [15-23]$$

$$\Delta t = \Delta t_N \cdot \frac{Q}{Q_N} \quad [15-24]$$

Přepočtení vstupních teplot t_{w1} a výstupních teplot t_{w2} otopného tělesa byl proveden podle normy ČSN EN 442, která byla ukázána v kapitole 14. V celé práci byla využita varianta s logaritickým rozdílem teplot, která uvádí přesnější výsledky. Pro přehlednost jsou zde uvedeny její vzorce.

$$\Delta t_{\ln} = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\ln \left(\frac{t_{w1} - t_D}{t_{w2} - t_D} \right)} \quad [15-25]$$

$$\Delta t_{N,\ln} = \frac{t_{N,w1} - t_{N,w2}}{\ln \left(\frac{t_{N,w1} - t_{N,D}}{t_{N,w2} - t_{N,D}} \right)} \quad [15-26]$$

$$Q = Q_N \cdot \varphi_{\Delta t,\ln} = Q_N \cdot \left(\frac{\Delta t_{\ln}}{\Delta t_{N,\ln}} \right)^n \quad [15-27]$$

Ze vzorce je třeba získat hodnoty t_{w1} a t_{w2} . Ty se získají následujícími úpravami.

$$t_{w1} = t_{w2} + \Delta t \quad [15-28]$$

$$\Delta t_{\ln} = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\ln\left(\frac{t_{w1} - t_D}{t_{w2} - t_D}\right)} = \frac{t_{w2} + \Delta t - t_{w2}}{\ln\left(\frac{t_{w2} + \Delta t - t_D}{t_{w2} - t_D}\right)} = \frac{\Delta t}{\ln\left(\frac{t_{w2} + \Delta t - t_D}{t_{w2} - t_D}\right)} \quad [15-29]$$

$$\Delta t_{\ln} = \Delta t_{N,\ln} \cdot \left(\frac{Q}{Q_N}\right)^{\frac{1}{n}} \quad [15-30]$$

$$\Delta t_{N,\ln} \cdot \left(\frac{Q}{Q_N}\right)^{\frac{1}{n}} = \frac{\Delta t}{\ln\left(\frac{t_{w2} + \Delta t - t_D}{t_{w2} - t_D}\right)} \quad [15-31]$$

$$\ln\left(\frac{t_{w2} + \Delta t - t_D}{t_{w2} - t_D}\right) = \frac{\Delta t}{\Delta t_{N,\ln}} \cdot \left(\frac{Q_N}{Q}\right)^{\frac{1}{n}} \quad [15-32]$$

Zavedla se substituce z:

$$z = \frac{\Delta t}{\Delta t_{N,\ln}} \cdot \left(\frac{Q_N}{Q}\right)^{\frac{1}{n}} \quad [15-33]$$

$$\ln\left(\frac{t_{w2} + \Delta t - t_D}{t_{w2} - t_D}\right) = z \quad [15-34]$$

$$\frac{t_{w2} + \Delta t - t_D}{t_{w2} - t_D} = e^z \quad [15-35]$$

$$t_{w2} = \frac{t_D \cdot (1 - e^z) - \Delta t}{1 - e^z} \quad [15-36]$$

$$t_{w2} = \frac{t_D \cdot \left(1 - e^{\frac{\Delta t}{\Delta t_{N,\ln}} \cdot \left(\frac{Q_N}{Q}\right)^{\frac{1}{n}}}\right) - \Delta t}{1 - e^{\frac{\Delta t}{\Delta t_{N,\ln}} \cdot \left(\frac{Q_N}{Q}\right)^{\frac{1}{n}}}} \quad [15-37]$$

$$t_{w1} = t_{w2} + \Delta t \quad [15-38]$$

Pro úplnost bylo ještě třeba dopočítat hodnoty n pro jednotlivé radiátory. Ty byly vypočítány ze vzorce [15-39].

$$Q_{N1} = Q_{N2} \cdot \left(\frac{\Delta t_{N1,\ln}}{\Delta t_{N2,\ln}}\right)^n \quad [15-39]$$

kde index: N1 ... označuje výkon a teploty tělesa při teplotním spádu 90/70/20 °C
N2 ... označuje výkon a teploty tělesa při teplotním spádu 55/45/20 °C

Vzorec [15-39] byl tedy upraven do tvaru [15-40].

$$n = \frac{\ln\left(\frac{Q_{N1}}{Q_{N2}}\right)}{\ln\left(\frac{\Delta t_{N1,\ln}}{\Delta t_{N2,\ln}}\right)} \quad [15-40]$$

Zde je uveden ukázkový výpočet pro místnost 1.4.

- Navrhnut byl radiátor Radic Classic 11 MM 1000x600 se jmenovitým výkonem 1017 W při teplotách 75/65/20 °C.
- Při venkovní teplotě -20 °C je po zateplení objektu vyžadován celkový topný výkon 645,653 W.
- Při teplotním spádu 90/70/20 °C má radiátor Radic Classic 11 MM 1000x600 výkon 1285 W.
- Při teplotním spádu 55/45/20 °C má radiátor Radic Classic 11 MM 1000x600 výkon 528 W.

$$\Delta t_{1.4,-20} = \Delta t_N \cdot \frac{Q_{1.4,-20}}{Q_{N,1.4}} = 10 \cdot \frac{645,653}{1017} \approx 6,349 \text{ °C} \quad [15-41]$$

$$\Delta t_{N,\ln} = \frac{t_{N,w1} - t_{N,w2}}{\ln\left(\frac{t_{N,w1} - t_{N,D}}{t_{N,w2} - t_{N,D}}\right)} = \frac{75 - 65}{\ln\left(\frac{75 - 20}{65 - 20}\right)} \approx 49,833 \text{ °C} \quad [15-42]$$

$$\Delta t_{N1,\ln} = \frac{t_{N1,w1} - t_{N1,w2}}{\ln\left(\frac{t_{N1,w1} - t_{N,D}}{t_{N1,w2} - t_{N,D}}\right)} = \frac{90 - 70}{\ln\left(\frac{90 - 20}{70 - 20}\right)} \approx 59,440 \text{ °C} \quad [15-43]$$

$$\Delta t_{N2,\ln} = \frac{t_{N2,w1} - t_{N2,w2}}{\ln\left(\frac{t_{N2,w1} - t_{N,D}}{t_{N2,w2} - t_{N,D}}\right)} = \frac{55 - 45}{\ln\left(\frac{55 - 20}{45 - 20}\right)} \approx 29,720 \text{ °C} \quad [15-44]$$

$$n_{1.4} = \frac{\ln\left(\frac{Q_{N1,1.4}}{Q_{N2,1.4}}\right)}{\ln\left(\frac{\Delta t_{N1,\ln}}{\Delta t_{N2,\ln}}\right)} = \frac{\ln\left(\frac{1285}{528}\right)}{\ln\left(\frac{59,440}{29,720}\right)} \approx 1,283 \quad [15-45]$$

$$z_{1.4,-20} = \frac{\Delta t_{1.4,-20}}{\Delta t_{N,\ln}} \cdot \left(\frac{Q_{N,1.4}}{Q_{1.4,-20}}\right)^{\frac{1}{n}} = \frac{6,349}{49,833} \cdot \left(\frac{1017}{645,653}\right)^{\frac{1}{1,283}} \approx 0,182 \quad [15-46]$$

$$t_{w2,1.4,-20} = \frac{t_D \cdot (1 - e^{z_{1.4,-20}}) - \Delta t_{1.4,-20}}{1 - e^{z_{1.4,-20}}} = \frac{20 \cdot (1 - e^{0,182}) - 6,349}{1 - e^{0,182}} \approx 51,895 \text{ °C} \quad [15-47]$$

$$t_{w1,1.4,-20} = t_{w2,1.4,-20} + \Delta t_{1.4,-20} = 51,895 + 6,349 \approx 58,244 \text{ °C} \quad [15-48]$$

Z výsledku tedy plyne, že v místnosti 1.4. při venkovní teplotě -20 °C vyšla potřebná vstupní teplota do radiátoru o velikosti 58,244 °C. Tabulky jednotlivých teplot na vstupu do radiátoru pro jednotlivé místnosti a jednotlivé venkovní teploty je možno nalézt v příloze.

Tento výpočet byl proveden pro všechny místnosti při zadaných venkovních teplotách. Po konzultaci s vedoucím práce bylo domluveno, že horní teplota tepelného čerpadla je stanovena dle maximální teploty ze všech radiátorů a ohřívá tedy vodu ve všech radiátorech

na stejnou vstupní teplotu t_{w1} . Ostatním radiátorům by tím byl ovšem zvýšen výkon. Aby výkon zbylých otopných těles zůstal konstantní, uvažujeme, že zbylým radiátorům bude snižena hmotností průtok o takovou hodnotu, aby se při vstupní teplotě t_{w1} dávaly stejný výkon jako je napočtený z tepelného výkonu jednotlivých místností zatepleného objektu.

V tabulkách 15-21 a 15-22 jsou ukázány maximální potřebné teploty na vstupu do radiátorů pro rodinný dům při různých venkovních teplotách. Podle těchto teplot se bude poté řídit tepelné čerpadlo.

Tabulka 15-15 - Přehled napočtených hodnot - část 1

Místnost:	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při venkovní teplotě -20°C	Název radiátoru	Jmenovitý výkon radiátoru 75/65/20	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při venkovní teplotě -12°C	Vstupní teplota na radiátoru při venkovní teplotě -12°C
	$\Phi_{HL,i,nez,-20}$ [W]		[W]	$\Phi_{HL,i,iz,-12}$ [W]	$t_{w1,i,-12}$ [°C]
1.1.	869,395	Radik Classic 11 MM 800x700	921	448,294	50,999
1.2.	531,539	Radik Clasic 10 VK Z 1000x600	604	310,642	52,454
1.3.	1385,779	Radik Classic 11 MM 1600x500	1402	831,763	56,143
1.4.	930,692	Radik Classic 11 MM 1000x600	1017	522,876	52,317
1.5.	200,360	Radik Classic 11 MM 500x400	364	91,820	38,175
1.6.	795,007	Radik Classic 11 MM 900x600	915	343,425	45,104
1.7.	5156,628	Radik Classic 21 MM 1800x700	2596	2567,951	51,940
2.1.	1665,707	Radik Classic 21 MM 1000x900	1731	914,441	53,795
2.2.	926,691	Radik Clasic 10 VK Z 1100x900	963	539,869	54,918
2.3.	2063,554	Radik Classic 11 MM 2000x700	2302	975,528	47,766
2.4.	1774,634	Radik Classic 11 MM 1800x700	2072	833,939	46,650
2.5.	837,668	Radik Classic 11 MM 1200x400	874	536,977	57,107
2.6.	2060,216	Radik Classic 21 MM 1600x700	2307	978,008	48,366

Tabulka 15-16 - Přehled napočtených hodnot - část 2

Místnost:	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při venkovní teplotě -20°C	Vstupní teplota na radiátoru při venkovní teplotě -20°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při venkovní teplotě -15°C	Vstupní teplota na radiátoru při venkovní teplotě -15°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při venkovní teplotě -10°C	Vstupní teplota na radiátoru při venkovní teplotě -10°C
	$\Phi_{HL,i,iz,-20}$ [W]	$t_{w1,i,-20}$ [°C]	$\Phi_{HL,i,iz,-15}$ [W]	$t_{w1,i,-15}$ [°C]	$\Phi_{HL,i,iz,-10}$ [W]	$t_{w1,i,-10}$ [°C]
1.1.	552,882	56,625	487,515	53,137	422,147	49,554
1.2.	380,298	58,096	336,763	54,597	293,228	51,005
1.3.	987,147	61,475	890,032	58,163	792,917	54,781
1.4.	645,653	58,244	568,918	54,569	492,182	50,795
1.5.	111,586	41,251	99,232	39,342	86,878	37,387
1.6.	405,521	48,653	366,610	46,448	327,968	44,198
1.7.	3081,218	56,755	2760,426	53,769	2439,634	50,704
2.1.	1109,343	59,154	987,529	55,833	865,715	52,415
2.2.	659,327	60,843	584,666	57,169	510,005	53,395
2.3.	1181,501	52,332	1052,768	49,499	924,034	46,596
2.4.	1012,959	51,103	901,072	48,340	789,184	45,507
2.5.	653,018	63,456	580,493	59,516	507,967	55,481
2.6.	1191,273	53,018	1057,982	50,135	924,691	47,169

Tabulka 15-17 - Přehled napočtených hodnot - část 3

Místnost:	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při venkovní teplotě -5°C	Vstupní teplota na radiátoru při venkovní teplotě -5°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při venkovní teplotě 0°C	Vstupní teplota na radiátoru při venkovní teplotě 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při venkovní teplotě 5°C	Vstupní teplota na radiátoru při venkovní teplotě 5°C
	$\Phi_{HL,i,iz,-5}$ [W]	$t_{w1,i,-5}$ [°C]	$\Phi_{HL,i,iz,0}$ [W]	$t_{w1,i,0}$ [°C]	$\Phi_{HL,i,iz,5}$ [W]	$t_{w1,i,5}$ [°C]
1.1.	356,780	45,857	291,412	42,021	226,045	38,005
1.2.	249,693	47,302	206,158	43,464	162,623	39,456
1.3.	695,802	51,319	598,688	47,761	501,573	44,089
1.4.	415,446	46,902	338,710	42,863	261,974	38,636
1.5.	74,524	35,377	62,170	33,300	49,816	31,140
1.6.	289,327	41,894	250,685	39,529	212,044	37,089
1.7.	2118,841	47,547	1798,049	44,281	1477,256	40,880
2.1.	743,901	48,883	622,088	45,214	500,274	41,371
2.2.	435,344	49,502	360,683	45,464	286,022	41,243
2.3.	795,301	43,610	666,568	40,524	537,835	37,314
2.4.	677,296	42,592	565,409	39,578	453,521	36,439
2.5.	435,441	51,336	362,916	47,058	290,390	42,612
2.6.	791,400	44,105	658,110	40,922	524,819	37,588

Tabulka 15-18 - Přehled napočtených hodnot - část 4

Místnost:	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při venkovní teplotě 10°C	Vstupní teplota na radiátoru při venkovní teplotě 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při venkovní teplotě 15°C	Vstupní teplota na radiátoru při venkovní teplotě 15°C
	$\Phi_{HL,i,iz,10}$ [W]	$t_{w1,i,10}$ [°C]	$\Phi_{HL,i,iz,15}$ [W]	$t_{w1,i,15}$ [°C]
1.1.	160,677	33,742	95,310	29,095
1.2.	119,088	35,216	75,553	30,634
1.3.	404,458	40,276	307,343	36,277
1.4.	185,238	34,149	108,502	29,256
1.5.	37,462	28,871	25,108	26,446
1.6.	173,403	34,559	134,761	31,913
1.7.	1156,464	37,305	835,672	33,493
2.1.	378,460	37,298	256,646	32,895
2.2.	211,362	36,776	136,701	31,947
2.3.	409,101	33,942	280,368	30,342
2.4.	341,633	33,137	229,746	29,600
2.5.	217,864	37,947	145,339	32,966
2.6.	391,528	34,052	258,237	30,222

Tabulka 15-19 - Celkový tepelné výkony budovy zatepleného objektu - část 1

Celkový tepelný výkon budovy zatepleného objektu při venkovní teplotě -12°C	Celkový tepelný výkon budovy zatepleného objektu při venkovní teplotě -20°C	Celkový tepelný výkon budovy zatepleného objektu při venkovní teplotě -15°C	Celkový tepelný výkon budovy zatepleného objektu při venkovní teplotě -10°C	Celkový tepelný výkon budovy zatepleného objektu při venkovní teplotě -5°C
$\Phi_{HL,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,iz,-5}$ [W]
9895,532	11971,457	10674,004	9376,551	8079,098

Tabulka 15-20 - Celkový tepelné výkony budovy zatepleného objektu - část 2

Celkový tepelný výkon budovy zatepleného objektu při venkovní teplotě 0°C	Celkový tepelný výkon budovy zatepleného objektu při venkovní teplotě 5°C	Celkový tepelný výkon budovy zatepleného objektu při venkovní teplotě 10°C	Celkový tepelný výkon budovy zatepleného objektu při venkovní teplotě 15°C
$\Phi_{HL,iz,0}$ [W]	$\Phi_{HL,iz,5}$ [W]	$\Phi_{HL,iz,10}$ [W]	$\Phi_{HL,iz,15}$ [W]
6781,645	5484,192	4186,739	2889,286

Tabulka 15-21 - Maximální teplota na vstupu do radiátorů ze všech místností – část 1

Venkovní teplota -12°C	Venkovní teplota -20°C	Venkovní teplota -15°C	Venkovní teplota -10°C	Venkovní teplota -5°C
$t_{w1,max,-12}$ [°C]	$t_{w1,max,-20}$ [°C]	$t_{w1,max,-15}$ [°C]	$t_{w1,max,-10}$ [°C]	$t_{w1,max,-5}$ [°C]
57,107	63,456	59,516	55,481	51,336

Tabulka 15-22 - Maximální teplota na vstupu do radiátorů ze všech místností – část 2

Venkovní teplota 0°C	Venkovní teplota 5°C	Venkovní teplota 10°C	Venkovní teplota 15°C
$t_{w1,max,0}$ [°C]	$t_{w1,max,5}$ [°C]	$t_{w1,max,10}$ [°C]	$t_{w1,max,15}$ [°C]
47,761	44,089	40,276	36,277

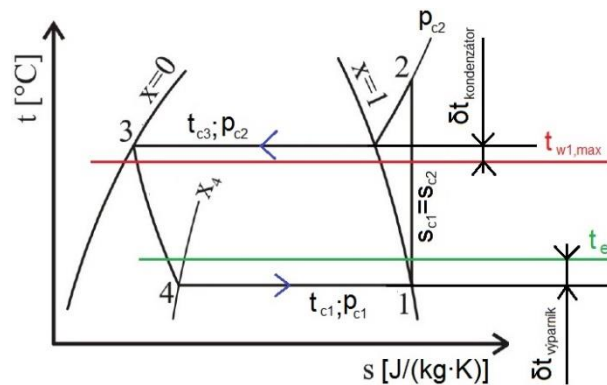
Místnost 1.7. obsahuje dva radiátory, takže je tepelný výkon místnosti 1.7., při výpočtu vstupní teploty na radiátoru, vydělen dvěma.

15.5 Stanovení topného faktoru a výkonu tepelného čerpadla

Pro pracovní cyklus tepelného čerpadla uvažovaného ve výpočtu používáme základní parní oběh ukázaný na obrázku 4-3, kde jsou zobrazeny grafy cyklu v T-s a p-h diagramu. Hmotnostní průtok \dot{m}_c získaný oběhovým čerpadlem je uvažován pro jednoduchost jako konstantní.

V kapitole 0 byl vysvětlen výpočet hodnoty měrného přijatého tepla z okolí q_{041} , hodnoty měrného odevzdaného tepla do otopné soustavy budovy q_{k23} a měrná technická práce cyklu a_{t12} . Pro připomenutí uvádím, že přívod a odvod tepla je myšlen za izobarických podmínek a děj mezi body 1 a 2 je idealizován jako izoentropický. Jak je vidět ze vzorců [15-57] a [15-58], je třeba zjistit hodnoty entalpií h_1 , h_2 a h_3 pro jednotlivá chladiva a teploty, mezi kterými bude tepelné čerpadlo pracovat.

Celý cyklus tepelného čerpadla uvažujeme jako ideální a bezztrátový. Nicméně je třeba zajistit určitý tepelný rozdíl ve výměnících tepla mezi dvěma proudícími látkami, ať už ve výměníku mezi vzduchem a chladivem či mezi chladivem a otopnou vodou, takže tepelné čerpadlo nebude pracovat mezi vyššími teplotami, než jsme si vypočítali.



Obr. 15-2 - Cyklus tepelného čerpadla použitý pro výpočet [15]

Tento potřebný rozdíl se v praxi volí na základě odzkoušených experimentů či simulací. Pro tuto práci byl po konzultaci zvolen minimální teplotní rozdíl ve výparníku $\delta t_{\text{výparník}}$ na hodnotu 10 °C. Tato hodnota je větší na základě toho, že vzduch má menší součinitel přestupu tepla, tudíž celá soustava má pak menší součinitel prostupu tepla. Aby tedy děj probíhal dostatečně spolehlivě, je dobré zvolit větší teplotní rozdíl.

Minimální teplotní rozdíl mezi dvěma látkami v kondenzátoru $\delta t_{\text{kondenzátor}}$ byl zvolen na hodnotu 4 °C. Je to z důvodu toho, že voda má větší přestup tepla než vzduch a proto není zapotřebí uvažovat tak velký teplotní rozdíl jako v případě výparníku.

Zadány tedy máme hodnoty t_{c1} , t_{c3} a \dot{Q}_O , kde:

t_{c1} [°C]..... teplota syté páry chladiva, která je určena vztahem:

$$t_{c1} = t_e - \delta t_{\text{výparník}} \quad [15-49]$$

t_{c3} [°C]..... teplota syté kapaliny chladiva, která je určena vztahem:

$$t_{c3} = t_{w1,max} + \delta t_{\text{kondenzátor}} \quad [15-50]$$

\dot{Q}_O [W] množství odevzdaného tepla do otopné soustavy, které je určeno vztahem:

$$\dot{Q}_O = -\phi_{HL,iz} \quad [15-51]$$

Záporné znaménko u poslední rovnice značí, že teplo bylo z cyklu odevzdáno. Stejně tak záporné znaménko u příkonu P značí, že stroj, resp. kompresor konal práci. Při využití vzorců zmíněných teoretické části bude nyní ukázán výpočet topného faktoru ε a příkonu kompresoru P.

$$\varepsilon_t = \frac{\dot{Q}_O}{P} \quad [15-52]$$

$$\dot{Q}_O = \dot{m} \cdot q_{o23} \rightarrow \dot{m} = \frac{\dot{Q}_O}{q_{o23}} \quad [15-53]$$

$$q_{o23} = h_3 - h_2 \quad [15-54]$$

$$P = \dot{m} \cdot a_{t12} \quad [15-55]$$

$$a_{t12} = h_1 - h_2 \quad [15-56]$$

$$P = \dot{m} \cdot a_{t12} = \frac{\dot{Q}_0}{q_{o23}} \cdot a_{t12} = \frac{\dot{Q}_0}{h_3 - h_2} \cdot (h_1 - h_2) \quad [15-57]$$

$$\varepsilon_t = \frac{\dot{Q}_0}{P} = \frac{\dot{Q}_0}{\frac{\dot{Q}_0}{h_3 - h_2} \cdot (h_1 - h_2)} = \frac{h_3 - h_2}{h_1 - h_2} \quad [15-58]$$

$$\sigma = \frac{p_2}{p_1} \quad [15-59]$$

Hodnoty pracovních hodnot, resp. teplot, tlaků, entalpií či entropií, byly získány pro chladivo R134A ze zdroje [10]. Pro zbylá chladiva byla nalezena data pomocí zdroje [12]. Zde je ukázán ukázkový výpočet pro chladivo R 134A pro venkovní teplotu -20 °C. Některé hodnoty bylo třeba získat lineární interpolací z okolních hodnot. Přehled jednotlivých hodnot lze najít v tabulce 15-23, kde jsou kurzívou označeny tabulkové hodnoty.

15.5.1 Stanovení hodnoty h_{c1}

Hodnoty bodu jedna nalezneme v dvoufázové oblasti se suchostí rovnou 1 podle vstupní teploty $t_{c1,-20,R134A}$, která je o 10 °C menší než hodnota $t_{e,-20}$, která je rovna -20 °C.

- $t_{c1,-20,R134A} = -30 \text{ °C}$
- $s_{c1,-20,R134A} = 1,7492 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- $h_{c1,-20,R134A} = 379,79 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$

15.5.2 Stanovení hodnoty h_{c3}

Hodnoty bodu tři nalezneme v dvoufázové oblasti se suchostí rovnou 0 podle vstupní teploty $t_{c3,-20,R134A}$. Hodnota $t_{c3,-20,R134A}$, která je o 4 °C větší než hodnota $t_{w1,max,-20}$ rovna 63,456 °C. Jelikož se tato hodnota nenachází v tabulkách, je třeba ji interpolovat z okolních hodnot.

- $t_{c3,-20,R134A,I} = 67 \text{ °C}$
- $p_{c3,-20,R134A,I} = 1,9776 \text{ MPa}$
- $h_{c3,-20,R134A,I} = 298,63 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$
- $t_{c3,-20,R134A,II} = 68 \text{ °C}$
- $p_{c3,-20,R134A,II} = 2,0231 \text{ MPa}$
- $h_{c3,-20,R134A,II} = 300,33 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$

$$\text{intl3}_{-20,R134A} = \frac{t_{c3,-20,R134A} - t_{c3,-20,R134A,I}}{t_{c3,-20,R134A,II} - t_{c3,-20,R134A,I}} = \frac{67,456 - 67}{68 - 67} \approx 0,456180 \quad [15-60]$$

$$p_{c3,-20,R134A} = p_{c3,-20,R134A,I} + \text{intl3}_{-20,R134A} \cdot (p_{c3,-20,R134A,II} - p_{c3,-20,R134A,I}) \quad [15-61]$$

$$= 1,9776 + 0,456180 \cdot (2,0231 - 1,9776) \approx 1,9884 \text{ MPa}$$

$$h_{c3,-20,R134A} = h_{c3,-20,R134A,I} + \text{intl3}_{-20,R134A} \cdot (h_{c3,-20,R134A,II} - h_{c3,-20,R134A,I}) \quad [15-62]$$

$$= 298,63 + 0,456180 \cdot (300,33 - 298,63) \approx 299,406 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$$

15.5.3 Stanovení hodnoty h_{c2}

Hodnoty bodu dva budou nalezeny v jednofázové oblasti podle hodnot $s_{c1,-20,R134A}$, která je rovna hodnotě $s_{c2,-20,R134A}$, a hodnoty $p_{c3,-20,R134A}$, která je rovna hodnotě $p_{c2,-20,R134A}$. V této

oblasti se ovšem vyskytují hodnoty po isobarách, takže je nutno provést interpolaci přes čtyři body.

- $p_{c2,-20,R134A,k} = 1,8891 \text{ MPa}$
- $s_{c2,-20,R134A,k,l} = 1,7419 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- $s_{c2,-20,R134A,k,ll} = 1,7601 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- $h_{c2,-20,R134A,k,l} = 442,41 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$
- $h_{c2,-20,R134A,k,ll} = 448,80 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$

- $p_{c2,-20,R134A,kk} = 2,1164 \text{ MPa}$
- $s_{c2,-20,R134A,kk,l} = 1,7405 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- $s_{c2,-20,R134A,kk,ll} = 1,7592 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- $h_{c2,-20,R134A,kk,l} = 444,27 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$
- $h_{c2,-20,R134A,kk,ll} = 450,94 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$

$$\text{intk2}_{-20,R134A} = \frac{p_{c2,-20,R134A} - p_{c2,-20,R134A,k}}{p_{c2,-20,R134A,kk} - p_{c2,-20,R134A,k}} = \frac{1,9884 - 1,8891}{2,1164 - 1,8891} \quad [15-63]$$

$$\approx 0,480669$$

$$\begin{aligned} s_{c2,-20,R134A,intl} &= s_{c2,-20,R134A,k,l} + \text{intk2}_{-20,R134A} \\ &\quad \cdot (s_{c2,-20,R134A,kk,l} - s_{c2,-20,R134A,k,l}) \quad [15-64] \\ &= 1,7419 + 0,480669 \cdot (1,7405 - 1,7419) \\ &\approx 1,7412 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s_{c2,-20,R134A,intll} &= s_{c2,-20,R134A,k,ll} + \text{intk2}_{-20,R134A} \\ &\quad \cdot (s_{c2,-20,R134A,kk,ll} - s_{c2,-20,R134A,k,ll}) \quad [15-65] \\ &= 1,7601 + 0,480669 \cdot (1,7592 - 1,7601) \\ &\approx 1,7597 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} \end{aligned}$$

$$\text{intl2}_{-20,R134A} = \frac{s_{c2,-20,R134A} - s_{c2,-20,R134A,intl}}{s_{c2,-20,R134A,intll} - s_{c2,-20,R134A,intl}} = \frac{1,7492 - 1,7412}{1,7597 - 1,7412} \quad [15-66]$$

$$\approx 0,432364$$

$$\begin{aligned} h_{c2,-20,R134A,intl} &= h_{c2,-20,R134A,k,l} + \text{intk2}_{-20,R134A} \\ &\quad \cdot (h_{c2,-20,R134A,kk,l} - h_{c2,-20,R134A,k,l}) \quad [15-67] \\ &= 442,41 + 0,480669 \cdot (444,27 - 442,41) \approx 443,304 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{c2,-20,R134A,intll} &= h_{c2,-20,R134A,k,ll} + \text{intk2}_{-20,R134A} \\ &\quad \cdot (h_{c2,-20,R134A,kk,ll} - h_{c2,-20,R134A,k,ll}) \quad [15-68] \\ &= 448,80 + 0,480669 \cdot (450,64 - 448,80) \approx 449,829 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{c2,-20,R134A} &= h_{c2,-20,R134A,intl} + \text{intl2}_{-20,R134A} \\ &\quad \cdot (h_{c2,-20,R134A,intll} - h_{c2,-20,R134A,intl}) \quad [15-69] \\ &= 443,304 + 0,432364 \cdot (450,64 - 443,304) \\ &\approx 446,125 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1} \end{aligned}$$

Nyní už můžeme stanovit hodnoty σ , P a ε .

$$\sigma_{-20,R134A} = \frac{p_{c2,-20,R134A}}{p_{c1,-20,R134A}} = \frac{1,9984}{0,0847} \approx 23,593 \quad [15-70]$$

$$\begin{aligned} P_{-20,R134A} &= \frac{\dot{Q}_{0,-20,R134A}}{h_{c3,-20,R134A} - h_{c2,-20,R134A}} \cdot (h_{c1,-20,R134A} - h_{c2,-20,R134A}) \\ &= \frac{-11688,27}{299,406 - 446,125} \cdot (379,429 - 446,125) \approx -5284,515 \text{ W} \end{aligned} \quad [15-71]$$

$$\varepsilon_{-20,R134A} = \frac{h_{c3,-20,R134A} - h_{c2,-20,R134A}}{h_{c1,-20,R134A} - h_{c2,-20,R134A}} = \frac{299,406 - 446,125}{379,429 - 446,125} \approx 2,212 \quad [15-72]$$

Dále je pro přehlednost uvedena tabulka 15-23, ve které jsou uvedeny všechny pracovní hodnoty pro chladivo R134A.

Tabulky pro chladiva R404A, R410A a R407H jsou uvedeny v příloze.

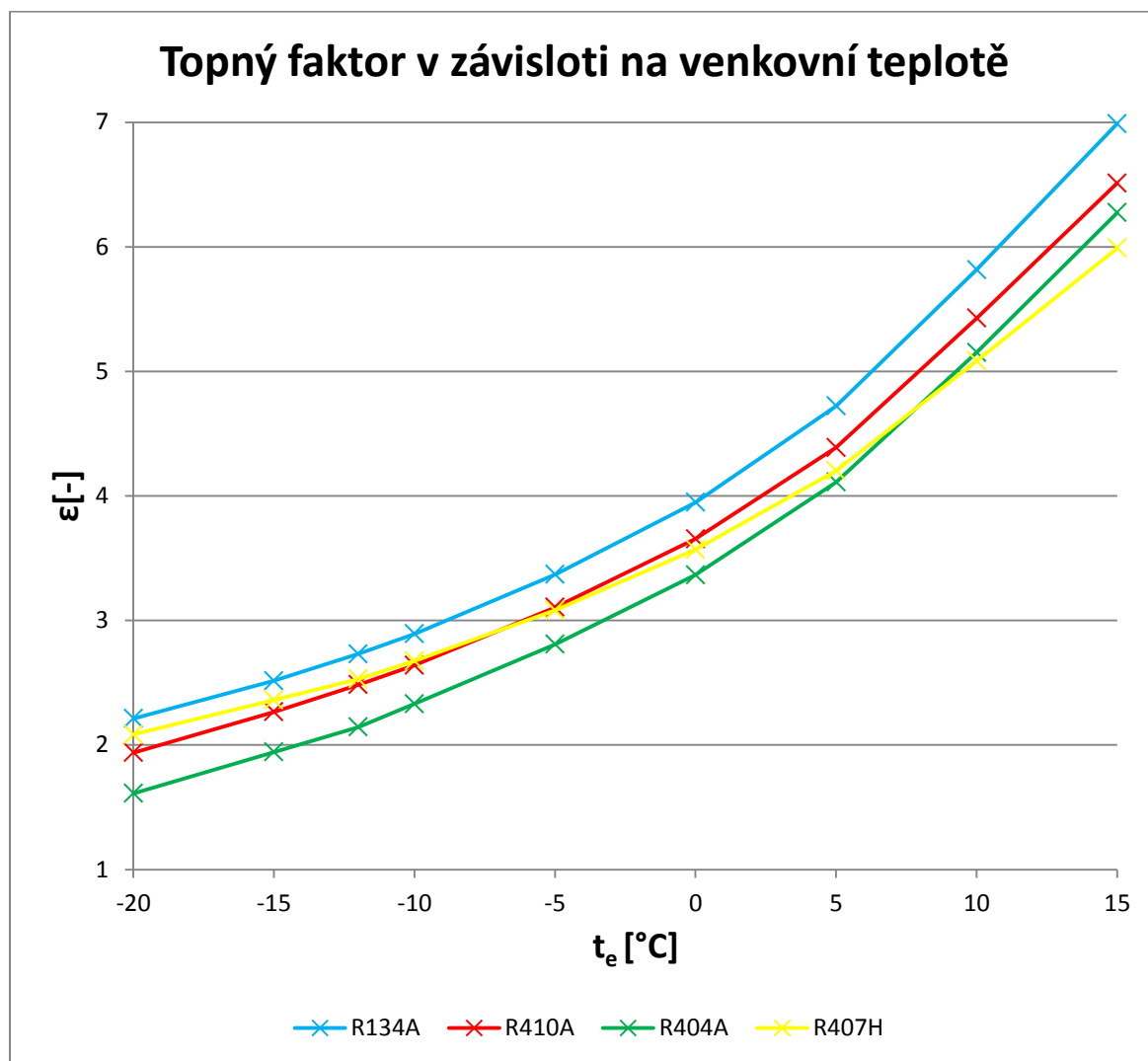
Tabulka 15-23 - Tabulka pracovních hodnot chladiva R134A

R134A										
t_e	[°C]	-20	-15	-12	-10	-5	0	5	10	15
\dot{Q}_O	[W]	-11971,46	-10674,00	-9895,53	-9376,55	-8079,10	-6781,65	-5484,19	-4186,74	-2889,29
$t_{w1,max}$	[°C]	63,456	59,516	57,107	55,481	51,336	47,761	44,089	40,276	38,653
t_{c1}	[°C]	-30	-25	-22	-20	-15	-10	-5	0	5
p_{c1}	[MPa]	0,0847	0,1067	0,1219	0,1330	0,1642	0,2008	0,2435	0,2929	0,3497
h_{c1}	[kJ·kg ⁻¹]	379,79	382,98	384,88	386,14	389,27	392,36	395,4	398,4	401,34
$s_{c1}=s_{c2}$	[kJ·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	1,7492	1,7441	1,7414	1,7396	1,7357	1,7322	1,7291	1,7263	1,7239
t_{c3}	[°C]	67,456	63,516	61,107	59,481	55,336	51,761	48,089	44,276	42,653
$t_{c3,I}$	[°C]	67	63	61	59	55	51	48	44	42
$t_{c3,II}$	[°C]	68	64	62	60	56	52	49	45	43
intl3	[-]	0,456180	0,515694	0,107263	0,481265	0,336259	0,761101	0,089485	0,276012	0,652580
$p_{c3,I}$	[MPa]	1,9776	1,8036	1,7211	1,6415	1,4906	1,3505	1,2521	1,1295	1,0716
$p_{c3,II}$	[MPa]	2,0231	1,846	1,762	1,6809	1,5273	1,3846	1,2843	1,1592	1,1002
$p_{c3}=p_{c2}$	[MPa]	1,9984	1,8255	1,7255	1,6605	1,5029	1,3765	1,2550	1,1377	1,0903
$h_{c3,I}$	[kJ·kg ⁻¹]	298,63	291,99	288,73	285,51	279,18	272,95	268,36	262,31	259,31
$h_{c3,II}$	[kJ·kg ⁻¹]	300,33	293,63	290,35	287,12	280,74	274,49	269,88	263,81	260,81
h_{c3}	[kJ·kg ⁻¹]	299,406	292,836	288,904	286,285	279,705	274,122	268,496	262,724	260,289
$p_{c2,k}$	[MPa]	1,8891	1,6809	1,6809	1,4906	1,4906	1,3171	1,1592	1,016	1,016
$p_{c2,kk}$	[MPa]	2,1164	1,8891	1,8891	1,6809	1,6809	1,4906	1,3171	1,1592	1,1592
intk2	[-]	0,480669	0,694358	0,214155	0,892600	0,064849	0,342095	0,606595	0,849843	0,518602
$s_{c2,k,I}$	[kJ·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	1,7419	1,743	1,7246	1,726	1,726	1,7273	1,7285	1,7122	1,7122
$s_{c2,kk,I}$	[kJ·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	1,7405	1,7419	1,7229	1,7246	1,7246	1,726	1,7273	1,7107	1,7107
$s_{c2,intl}$	[kJ·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	1,741	1,742	1,724	1,725	1,726	1,727	1,728	1,711	1,711
$s_{c2,k,II}$	[kJ·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	1,7601	1,7608	1,743	1,744	1,744	1,7449	1,7458	1,7296	1,7296
$s_{c2,kk,II}$	[kJ·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	1,7592	1,7601	1,7419	1,743	1,743	1,744	1,7449	1,7285	1,7285
$s_{c2,intll}$	[kJ·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	1,760	1,760	1,743	1,743	1,744	1,745	1,745	1,729	1,729
intl2	[-]	0,432364	0,103099	0,926360	0,808934	0,543150	0,301335	0,075959	0,866675	0,708672
$h_{c2,k,I}$	[kJ·kg ⁻¹]	442,41	440,36	434,06	432,1	432,1	429,96	427,69	419,77	419,77
$h_{c2,kk,I}$	[kJ·kg ⁻¹]	444,27	442,41	435,83	434,06	434,06	432,1	429,96	421,98	421,98
$h_{c2,intl}$	[kJ·kg ⁻¹]	443,304	441,783	434,439	433,849	432,227	430,692	429,067	421,648	420,916
$h_{c2,k,II}$	[kJ·kg ⁻¹]	448,8	446,51	440,36	438,14	438,14	435,79	433,32	425,28	425,28
$h_{c2,kk,II}$	[kJ·kg ⁻¹]	450,94	448,8	442,41	440,36	440,36	438,14	435,79	427,69	427,69
$h_{c2,intll}$	[kJ·kg ⁻¹]	449,829	448,100	440,799	440,122	438,284	436,594	434,818	427,328	426,530
h_{c2}	[kJ·kg ⁻¹]	446,125	442,435	440,331	438,923	435,517	432,471	429,504	426,571	424,894
σ	[-]	23,593	17,108	14,155	12,485	9,153	6,855	5,154	3,884	3,118
P	[W]	-5412,55	-4242,14	-3623,62	-3242,46	-2398,00	-1717,83	-1161,63	-719,84	-413,45
ε	[-]	2,212	2,516	2,731	2,892	3,369	3,948	4,721	5,816	6,988

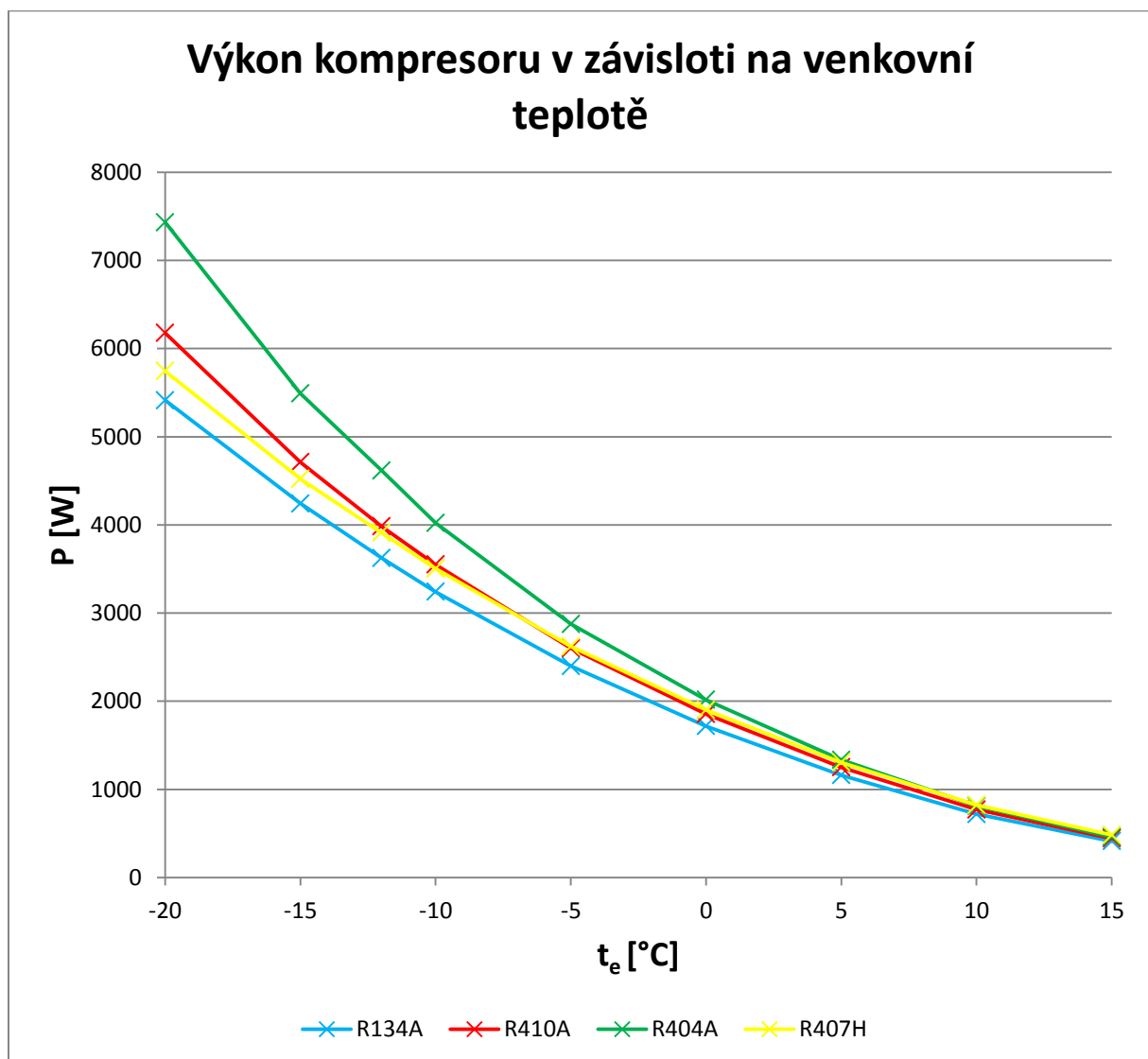
Chladivo R407H je neazeotropní směsí, tedy že při isobarické změně skupenství dochází ke změně teploty. Ačkoli je v teoretické části uvedeno základní zapojení jednostupňového obvodu pro neazeotropní směs na obrázku 11-1, přesto pro chladivo R407H bylo uvažováno základní zapojení a cyklus tepelného čerpadla, jako je ukázáno na obrázcích 4-2 a 15-2. Při výpočtu s tímto chladivem bylo uvažováno tak, aby minimální teplotní rozdíl v kondenzátoru byl $\Delta t_{\text{kondenzátor}} 4 \text{ } ^\circ\text{C}$ a minimální teplotní rozdíl ve výparníku byl $\Delta t_{\text{výparník}} 10 \text{ } ^\circ\text{C}$. Jednotlivé hodnoty byly nalezeny pomocí nalezení nejbližších isobar, která byly zadávány v MPa na dvě desetinná místa. V tabulce pro chladivo R407H v příloze jsou též uvedeny hodnoty teplot na mezi syté kapaliny a syté páry ve stavech 1 a 3.

Dále jsou uvedeny grafy závislosti velikosti topného faktoru a výkonu kompresorů na venkovní teplotě dle volby jednotlivého chladiva.

Graf 15-1 - Závislost topného faktoru na venkovní teplotě



Graf 15-2 - Závislost výkonu kompresoru čerpadla na venkovní teplotě



15.6 Stanovení poměrů příkonů a nákladů

Pro stanovení roční spotřeby energie tepelného zdroje (plynového kotel či tepelného čerpadla) je nejdříve nutné zjistit počet dní s průměrnou teplotou během jednoho roku. Ty byly stanoveny tak, že byl nalezen výskyt průměrných teplot jednotlivých dní v roce od roku 1971 do roku 2017 v regionu Praha-Libuš. Z tohoto průměrného roku bylo určeno, kolik dní v roce trvá jednotlivé rozmezí teplot. Data byla získána ze zdroje [28].

Region Plzeň bohužel nemohl být uvažován, jelikož u něj historická data nejsou volně přístupná. Z toho důvodu byl uvažován region Praha-Libuš, který je v nadmořské výšce 302 m.n.m., což je srovnatelné s regionem Plzeň, který je uváděn v nadmořské výšce 310 m.n.m. Navíc oba regiony leží v podobných klimatických podmínkách (zeměpisná šířka, apod.). Z těchto dat byla udělána tabulka 15-24 četnosti výskytu průměrných teplot během jednoho roku.

V této fázi výpočtu je vhodné si uvést, co je to tzv. otopné období. Jedná se o takový časový interval jednoho roku, během kterého dodavatel dodává teplo ke spotřebitelům. Definice otopného období udává, že přísun tepla nastává, pokud průměrná teplota během dvou následujících dnů nepřesáhla 13 °C a dle předpovědi počasí se neočekává její zvýšení. Konec

otopného období je definován obdobně, s tím rozdílem, že teplota musí stoupnout nad 13 °C. [34]

Tabulka 15-24 - Průměrný počet dní výskytu průměrných teplot během jednoho roku [28]

Výskyt teplot menších než -15°C	Výskyt teplot mezi -15°C a -12°C	Výskyt teplot mezi -12°C a -10°C	Výskyt teplot mezi -10°C a -5°C	Výskyt teplot mezi -5°C a 0°C	Výskyt teplot mezi 0°C a 5°C	Výskyt teplot mezi 5°C a 10°C	Výskyt teplot mezi 10°C a 15°C	Výskyt teplot mezi 15°C a 20°C
0,40	0,83	1,36	10,53	34,02	75,26	67,57	72,85	67,47

Pro možnost stanovení ročního dodaného tepla uvažujeme pro tepelné čerpadlo, resp. plynový kotel, že výkon zařízení při průměrné teplotě např. -20 °C probíhá po takový počet dní, než se začnou vyskytovat průměrné teploty vyšší než -15 °C. Tento princip uvažujeme i pro další intervaly teploty. Pro teplotu nad 20 °C už není potřeba dodávat žádné teplo. Pro zajímavost, počet dní pod průměrnou denní teplotu 15 °C je roven přibližně 262 dní a pod teplotou 13 °C je roven přibližně 233 dní. V plzeňském regionu je udáván počet dní s průměrnou denní teplotou pod 15 °C na hodnotu 272 dní a otopné období s hraniční teplotou 13 °C je udáváno na počet 242 dnů. [34] [28]

Pro stanovení množství dodaného tepla během jednoho roku tepelným zdrojem, resp. poměru jejich nákladů uvažujeme, že zdroj tepla pracuje celých 24 hodin, aby pokryl tepelné ztráty celého dne. Skutečné zařízení by pracovalo během dne menší počet hodin a s přestávkami. Jedná se tak čistě o modelový příklad.

Vzorcem [15-73] je ukázán výpočet ročního dodaného tepla plynovým kotlem pro zateplený objekt. V tabulce 15-25 je souhrn ročního dodaného tepla pro všechny typy vytápění.

$$P_{ro\check{c},zdroj} [MWh] = \sum \frac{P_{T,zdroj} [W] \cdot 24 \cdot \text{"počet dní"}}{1000000} \quad [15-73]$$

$$P_{ro\check{c},iz,plyn} = \frac{24}{1000000} \cdot (11971,457 \cdot 0,40 + 10674,004 \cdot 0,83 + 9895,532 \cdot 1,36 + 9376,532 \cdot 10,53 + 8079,098 \cdot 34,02 + 6781,645 \cdot 75,26 + 5484,192 \cdot 67,57 + 4186,739 \cdot 72,85 + 2889,286 \cdot 67,47) \approx 63,718 MWh \quad [15-74]$$

Tabulka 15-25 - Množství dodaného tepla během jednoho roku dle zdroje tepla

$P_{ro\check{c},nez,plyn}$ [MWh]	$P_{ro\check{c},iz,plyn}$ [MWh]	$P_{ro\check{c},iz,R134A}$ [MWh]	$P_{ro\check{c},iz,R410A}$ [MWh]	$P_{ro\check{c},iz,R404A}$ [MWh]	$P_{ro\check{c},iz,R407H}$ [MWh]
63,718	42,760	9,948	10,751	11,669	11,071

Díky tomuto si můžeme určit tabulku poměrů dodaného tepla všech typů vytápění, resp. tabulka 15-26. Pro vysvětlení se v tabulce vyskytují hodnoty dodaného tepla typu vytápění uvedeného v řádku ku dodanému teplu typu vytápění uvedeného ve sloupci. Pro názornost je níže uveden příklad pomocí výrazu [15-75].

$$\frac{\text{"Dodané teplo při vytápění: Nezateplený dům + plynový kotel"} = 63,718}{\text{"Dodané teplo při vytápění: Zateplený dům + plynový kotel"} = 42,760} \approx 1,490 \quad [15-75]$$

Tabulka 15-26 - Poměr dodaných tepel jednotlivých typů vytápění

POMĚR DODANÝCH TEPEL	Nezateplený dům + plynový kotel	Zateplený dům + plynový kotel	Zateplený dům + TČ s chladivem R134A	Zateplený dům + TČ s chladivem R410A	Zateplený dům + TČ s chladivem R404A	Zateplený dům + TČ s chladivem R407H
Nezateplený dům + plynový kotel	XXX	1,490	6,405	5,927	5,460	5,755
Zateplený dům + plynový kotel	0,671	XXX	4,299	3,977	3,664	3,862
Zateplený dům + TČ s chladivem R134A	0,156	0,233	XXX	0,925	0,852	0,899
Zateplený dům + TČ s chladivem R410A	0,169	0,251	1,081	XXX	0,921	0,971
Zateplený dům + TČ s chladivem R404A	0,183	0,273	1,173	1,085	XXX	1,054
Zateplený dům + TČ s chladivem R407H	0,174	0,259	1,113	1,030	0,949	XXX

Pro stanovení nákladů za elektřinu je potřeba určit správnou sazbu čerpání elektřiny. Jelikož uvažujeme distribuční sazbu za tepelné čerpadlo s novým uzavřením smlouvy od 1.4.2016, je třeba zvolit dvoutarifovou sazbu D57d, která má dobu platnosti nízkého tarifu dvaceti hodin, na vysoký tarif se poté účtují zbylé čtyři hodiny. Ačkoli se v každé oblasti v České Republice účtuje nízký tarif v jiné časové intervaly, pro jednoduchost vyjdeme z úvahy, že se nízký tarif za jeden den účtuje dobu pětkrát větší než vysoký tarif. Proto rozpočítání průměrné roční spotřeby probíhá v poměru 1:5. Hodnota proudového jističe byla zvolena na hodnotu 30A.

Pro porovnávání nákladů na provoz byla jako dodavatel plynu a elektrické energie určena společnost ČEZ Prodej s.r.o., která dodává plyn a elektřinu do budovy, kterou byl inspirován výpočet. Jako zdroj na určení celkové ceny ročních nákladů byl použit kalkulátor cen ze zdroje [35]. Pro stanovení nákladů za plyn a elektřinu bylo nastaveno vyhledávání dle obrázků uvedených v příloze.

Podle zjištěných nákladů tedy získáváme výslednou tabulku nákladů pro plynový kotel a tepelné čerpadlo.

Tabulka 15-27 - Hodnota nákladů během roku dle druhu vytápění

Náklady [Kč/rok]	Vytápění nezatepleného domu plynovým kotlem	Vytápění zatepleného domu plynovým kotlem	Vytápění zatepleného domu tepelným čerpadlem s chladivem R134A	Vytápění zatepleného domu tepelným čerpadlem s chladivem R410A	Vytápění zatepleného domu tepelným čerpadlem s chladivem R404A	Vytápění zatepleného domu tepelným čerpadlem s chladivem R407H
	78 961,00 Kč	52 736,00 Kč	30 350,00 Kč	32 313,00 Kč	34 555,00 Kč	33 092,00 Kč

U tabulky 15-28, resp. poměrů nákladů pro různé typy vytápění byl použit stejný princip, jako u tabulky 15-26, tj. poměr ročního nákladu vytápění uvedeného v řádku ku ročnímu nákladu vytápění uvedeného ve sloupci. Pro názornost je uveden příklad ve výrazu [15-76]:

$$\frac{\text{"Náklady pro nezateplený dům + plynový kotel"}}{\text{"Náklady pro zateplený dům + TČ s chladivem R134A"}} = \frac{78\,961}{30\,350} \approx 2,602 [-] \quad [15-76]$$

Tabulka 15-28 - Poměr ročních nákladů jednotlivých typů vytápění

POMĚR NÁKLADŮ	Nezateplený dům + plynový kotel	Zateplený dům + plynový kotel	Zateplený dům + TČ s chladivem R134A	Zateplený dům + TČ s chladivem R410A	Zateplený dům + TČ s chladivem R404A	Zateplený dům + TČ s chladivem R407H
Nezateplený dům + plynový kotel	XXX	1,497	2,602	2,444	2,285	2,386
Zateplený dům + plynový kotel	0,668	XXX	1,738	1,632	1,526	1,594
Zateplený dům + TČ s chladivem R134A	0,384	0,576	XXX	0,939	0,878	0,917
Zateplený dům + TČ s chladivem R410A	0,409	0,613	1,065	XXX	0,935	0,976
Zateplený dům + TČ s chladivem R404A	0,438	0,655	1,139	1,069	XXX	1,044
Zateplený dům + TČ s chladivem R407H	0,419	0,628	1,090	1,024	0,958	XXX

16 Závěrečné zhodnocení

V teoretické části práce bylo snahou popsat co nejvíce záležitosti týkající se tepelných čerpadel, které by mohly zajímat člověka řešícího problém náhrady nevyhovujícího zdroje tepla právě tepelným čerpadlem.

Výpočet se skládal z několika kroků, které už byly popsány v úvodu kapitoly 15. Výpočty tepelných ztrát jednotlivých místností jsou uvedeny v příloze. Jejich souhrn je možno nalézt v tabulkách 15-15 až 15-22. Během výpočtu bylo zjištěno, že tepelné čerpadlo by za velmi nízkých teplot muselo pracovat za příliš velkého tlakového spádu, jak je vidět z tabulky 15-23 a z tabulek pro zbylá chladiva uvedených v příloze. Z konstrukčního hlediska bych navrhoval upravit cyklus na dvoustupňový, čímž by se poměr díky střednímu tlaku dostal v jednotlivých stupních do přijatelných hodnot od 1 do 10. Druhou možností je stanovit bod bivalence tak, aby alternativní zdroje tepla pokryl zbylé tepelné ztráty domu při maximálním tlakovém spádu tepelného čerpadla.

Po provedení výpočtu byl vypočten poměr dodaného tepla uvedený v tabulce 15-26 a poměr nákladů uvedený v tabulce 15-28. Porovnáme-li náklady při používání tepelného čerpadla oproti používání plynového kotle v zatepleném objektu, dostáváme zisk okolo 19 000 Kč,- ročně. Samozřejmě závisí na typu a ceníku společnosti, která nám dodává elektřinu, resp. plyn. Nejlevnější tepelná čerpadla se pohybují cenově od 100 000,- Kč a více (nebereme-li v úvahu ohřev teplé vody), do ceny bychom také měli započítat cenu za instalaci čerpadla. Při samotném pořízení tepelného čerpadla by bylo nutno počítat s návratností minimálně 5 let a to ještě při uvažování nejlevnější ceny za tepelné čerpadlo (okolo 100 000,- Kč). Zde je potřeba připomenout dvě věci.

Za prvé, tento výpočet vycházel z toho, že otopné plochy uvnitř rodinného domu byly navrhnuty ještě před zateplením a tím jsou tyto plochy velmi předimenzovány pro zateplené potřeby. Teplota v nich díky zateplení mohla poklesnout.

Navrhujeme-li nové radiátory s tím, že zdrojem tepla bude tepelné čerpadlo, navrhuje se velikost radiátorů dle potřebného výkonu a teplotního spádu 55/45, aby tepelné čerpadlo nemuselo pracovat mezi velkým rozdílem teplot. Velikost radiátorů je tedy větší než v případě teplotního spádu 75/65 při stejném výkonu.

Tím se dostáváme ke druhé věci, a to že systém vytápění tepelného čerpadla se používá v kombinaci s plošným vytápěním, nejčastěji podlahovým, které při správném návržení potřebuje daleko nižší teplotu (zdroj [1] uvádí požadovanou teplotu 25 až 34 °C), než která musí proudit v radiátorech. Takže tepelné čerpadlo při takovémto zapojení musí fungovat během celého roku v daleko menším rozdílu teplot kondenzace a vypařování, což má kladný vliv na velikost jeho topného faktoru a výkonu čerpadla.

Z toho důvodu usuzuji, že tepelné čerpadlo by mělo být navrženo do rodinného domu v kombinaci s výhodným systémem vytápění, resp. otopných ploch, aby tepelné čerpadlo muselo pracovat mezi co nejmenším rozdílem teplot. V tomto modelovém případě bylo uvažováno, že radiátory byly navrhnuty ještě před zateplením objektu. Zateplením se snížila tepelná ztráta a radiátory mohli fungovat za nižších teplot, což se pro tepelné čerpadlo ukázalo jako výhodné. Při úvaze, že by radiátory byly navrhnuty až do zatepleného domu při vytápěním plynovým kotlem, radiátory by byly navrhnuty na tepelný spád 75/65. Pokud by došlo k náhradě plynového kotle za tepelné čerpadlo, při zachování hmotnostního průtoku by muselo pracovat za daleko větších teplot, což by bylo nevýhodné. Pro zjištění nejvýhodnější varianty je třeba udělat další měření, jaká varianta by se nejvíce vyplatila ve srovnání s například zavedením podlahového vytápění namísto vytápění radiátory.

Ačkoliv investice za tepelné čerpadlo je nákladná částka, existují například fondy Evropské unie, které se snaží přimět občany, aby vyměnili zastaralý a neekologický zdroj vytápění za moderní, kdy jedna z možností je právě výměna za tepelné čerpadlo. Díky těmto dotacím je možno získat nemalou částku, která má přesvědčit občany o výhodnosti a přimět je do investice do tohoto řešení z důvodu poklesu doby návratnosti investice.

Jelikož v úvodu práce byla zmíněna potřeba hledání ekologičnosti zdrojů energie a dotace z Evropské unie se snaží zaobírat lidskou populaci touto myšlenkou, je potřeba zmínit ještě jeden faktor, který už byl zmíněn v kapitole 11. Ačkoli se tepelné čerpadlo tváří jako velice ekologický zdroj tepla, nesmíme zapomínat na dvě věci:

Za prvé, že jeho ekologičnost je dána ekologičností zdroje elektrické energie, která je v České republice stále vyráběna z větší části z neobnovitelných zdrojů. Dá se namítat, že při správném návrhu můžeme k tepelnému čerpadlu připojit jako zdroj energie solární panely, který sice nefunguje stabilně během celého roku z důvodu jasné a zatažené oblohy, ale dá se označit za celkem spolehlivý zdroj energie (jeho ekologičnost pro tentokrát nechme stranou).

Ale za druhé hlavně to, že chladivo, které cirkuluje v tepelném čerpadle, může samo o sobě způsobit velké ekologické škody, ať už poškozováním ozonové vrstvy atmosféry či ohřívám planety Země při jejím úniku do atmosféry pomocí netěsností v konstrukci (vyjadřují veličiny ODP a GWP). Dle mého závěru se jedná velmi závažný problém, kterého si je již dnes vědoma vědecká společnost a snaží se ovlivnit mezinárodní zákony, aby regule pro tato chladiva byla stále přísnější a přísnější. Můžeme namítnout, že jedno tepelné čerpadlo nemůže ovlivnit stav a rychlost oteplování na planetě Zemi ve srovnání s obrovským počtem chladiv používaných v průmyslu či k poměru počtu spalovacích a zážehových motorů pohybujících se po planetě. Nicméně i tento detail by měl být zauvažován při ekologickém vyhodnocování výhodnosti tepelného čerpadla. Manipulaci s takto nebezpečnými chladivy dnes sice mohou provádět jen specializované firmy a je i spousta dalších omezujících zákonů, ale až budoucnost ukáže, zda-li bylo pro naši planetu uděláno dost.

17 Seznamy

17.1 Odborná literatura, prezentace

- [1] BAŠTA, Jiří. *Otopné plochy*. 1. vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2001.
- [2] ČSN EN 12831 (060206). *Otopné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro tepelné ztráty*. [Brusel : CEN], 2003
- [3] ČSN EN 442. *Otopná tělesa*.
- [4] ČSN EN 73 0540-2 (730540). *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2005
- [5] ČSN EN 73 0540-3 (730540). *Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha: Český normalizační institut, 2005
- [6] DVOŘÁK, Zdeněk, Jiří PETRÁK a Luděk KLAZAR. *Tepelná čerpadla*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1987
- [7] KORADO, RADIK. *Desková otopná tělesa - katalog*. PDF, 12/2016
- [8] DVOŘÁK, Zdeněk. *Základy chladicí techniky*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1986.
- [9] MAREŠ, Radim. *Kapitoly z termomechaniky*. Plzeň: Západočeská univerzita, c2008. ISBN 978-80-7043-706-3.
- [10] PETRÁK, J., DVOŘÁK Z., KLAZAR, L., SYNEK, V. *Chladivo R 134a*. Praha, ČVUT 1993
- [11] PETRÁŠ, Dušan. *Vytápění rodinných a bytových domů*. Bratislava: Jaga, 2005. Vytápění. ISBN 80-8076-020-9.
- [12] REFROP, NIST Standart Reference Database 23, *Reference fluid Thermodynamic and Transport Properties – program pro výpočet termofyzikálních vlastností chladiv*
- [13] SCHEINHERR, Adam. *Bakalářská práce: Závislost chladicího faktoru jednostupňového oběhu s vnitřní výměnou tepla na volbě chladiva*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2009
- [14] STANĚK, Jiří a Jiří NĚMEJC. *Metodika zpracování a úprava diplomových (bakalářských) prací*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2005. ISBN 80-7043-363-9.
- [15] ŽITEK, Pavel. *Chladicí technika*. Plzeň: Přednáška - Západočeská univerzita, 2017
- [16] ŽITEK, Pavel. *Kompresory a ventilátory*. Plzeň: Přednáška - Západočeská univerzita, 2017

17.2 Internetové zdroje

- [17] *D55d a D56d: Sazba pro tepelné čerpadlo | Ceny energie* [online] Poslední změna 24.8.2010 [Cit. 15.5.2018]. Dostupné z: <https://www.cenyenergie.cz/d55d-a-d56d-sazba-pro-tepelne-cerpadlo/#/promo-ele>

- [18] *Tepelná čerpadla IVT – švédská kvalita* [online]. [Cit. 20.3.2018]. Dostupné z: www.cerpadla-ivt.cz
- [19] *Tepelná čerpadla země/voda (vodní plocha) - Tepelná čerpadla IVT* [online]. [Cit. 20.3.2018]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda-vodni-plocha>
- [20] *Tepelná čerpadla země/voda - vrt - Tepelná čerpadla IVT* [online]. [Cit. 20.3.2018]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda-vrt>
- [21] *Tepelná čerpadla vzduch/voda - Tepelná čerpadla IVT* [online]. [Cit. 20.3.2018]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-vzduch-voda>
- [22] *Tepelná čerpadla země/voda - plocha - Tepelná čerpadla IVT* [online]. [Cit. 20.3.2018]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda-plocha>
- [23] *Podmínky pro přiznání distribuční sazby | ČEZ Distribuce* [online]. [Cit. 10.4.2018]. Dostupné z: <http://www.cezdistribuce.cz/cs/pro-zakazniky/potrebuji-vyresit/podminky-pro-priznani-distribucni-sazby.html>
- [24] *DAIKIN Chemical Europe GmbH* [online]. [Cit. 15.4.2018]. Dostupné z: www.daikinchem.de
- [25] *Gemtec – Tepelné čerpadlo* [online]. [Cit. 10.4.2018]. Dostupné z: www.gemtec.cz
- [26] *Linde Gas as: Home Page* [online]. [Cit. 20.3.2018]. Dostupné z: www.linde-gas.cz/cs/
- [27] *Je recyklace fotovoltaických panelů jejich největší slabinou?* [online] Poslední změna 26.3.2016 [Cit. 15.5.2018]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/fve-panely-recyklace/>
- [28] *Portál ČHMÚ : Historická data : Počasí : Denní data* [online]. [Cit. 20.4.2018]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data#>
- [29] *Kdy začíná a končí topné období? - Ostrovska teplarenska as* [online]. [Cit. 20.4.2018]. Dostupné z: <https://www.ostrovska-teplarenska.cz/kdy-zacina-a-konci-topne-obdobi/>
- [30] *Tepelná čerpadla voda-voda - Tepelná čerpadla Spirála* [online]. [Cit. 10.4.2018]. Dostupné z: <http://tepelna-cerpadla-spirala.cz/tepelne-cerpadlo-voda-voda>
- [31] *Tepelna cerpadla zeme-voda | Kvalitní česká čerpadla* [online]. [Cit. 10.4.2018]. Dostupné z: <http://tepelna-cerpadla-spirala.cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda>
- [32] *Tepelná čerpadla pro bytové domy* [online]. [Cit. 20.4.2018]. Dostupné z: www.tepelnacerpadlaprobytovedomy.cz
- [33] *TZB – výměníky tepla* [online]. [Cit. 15.3.2018]. Dostupné z: tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125yatm/prednasky/125yatm-06.pdf
- [34] *TZB-info - stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. Dostupné z: www.tzb-info.cz

- [35] *Kalkulátor cen energií - TZB-info* [online]. [Cit. 20.4.2018]. Dostupné z: <https://kalkulator.tzb-info.cz/>
- [36] *Kotlíkové dotace - TZB-info* [online] Poslední změna 8.3.2010 [Cit. 15.5.2018]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/kotlikove-dotace/12985-kotlikova-dotace-2015-2020-podminky-a-podrobnosti#co-jsou-kd>
- [37] *Ekvitermní regulace – princip a využití v systémech regulace - TZB-info* [online] Poslední změna 8.3.2010 [Cit. 15.5.2018]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/6294-ekvitermni-regulace-princip-a-vyuziti-v-systemech-regulace-vytapani>
- [38] *Chladiva používaná v tepelných čerpadlech - TZB-info* [online] Poslední změna 4.5.2011 [Cit. 15.5.2018]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/12647-chladiva-pouzivana-v-tepelnych-cerpadlech>
- [39] *Kompresory pro tepelná čerpadla - TZB-info* [online] Poslední změna 3.11.2011 [Cit. 15.5.2018]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13498-kompresory-pro-tepelna-cerpadla>
- [40] *Dimenzování tepelného čerpadla vzduch-voda, bivalentní/záložní zdroj* [online]. [Cit. 20.4.2018]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/7995-dimenzovani-tepelneho-cerpadla-vzduch-voda-bivalentni-zalozni-zdroj>
- [41] *Wikipedie, otevřená encyklopedie* [online]. [Cit. 20.4.2018]. Dostupné z: www.cs.wikipedia.org/wiki/HDO

17.3 Seznam obrázků

Obr. 4-1 - Ukázka tepelného oběhu [25].....	15
Obr. 4-2 - Základní parní oběh tepelného čerpadla [15].....	16
Obr. 4-3 - Grafy T-s a p-h diagramu odpovídající diagramu základního parního oběhu tepelného čerpadla [15]	16
Obr. 5-1 - Ukázka jednotlivých výměníků [33]	17
Obr. 5-2 - Schéma znázorňující tepelnou výměnu, je-li jedna z teplot konstantní [8].....	17
Obr. 5-3 - Schéma znázorňující tepelnou výměnu v souproutém a protiproutém výměníku [8]	18
Obr. 5-4 - Typy průtočných kondenzátorů [8]	19
Obr. 5-5 - Znázornění funkčnosti kompresoru SROLL [39]	20
Obr. 5-6 - Pístové kompresory jednočinné či dvoučinné [16]	20
Obr. 5-7 - p-v diagram znázorňující ušetřenou práci v mezichladiči [9]	21
Obr. 6-1 - Carnotův cyklus v p-v a T-s diagramu [9]	25
Obr. 7-1 - Zapojení základního parního oběhu s podchlazovačem s vnější výměnou tepla [15]	26
Obr. 7-2 - t-s diagram základního parního cyklu s vnějším podchlazovačem, předeřev látky ohřívané v kondenzátoru [15], [6].....	27
Obr. 7-3 - Zapojení základního parního oběhu s podchlazovačem s vnitřní výměnou tepla [15]	27
Obr. 7-4- t-s diagram základního parního cyklu s vnitřním podchlazovačem [15]	27
Obr. 7-5 - Vícetupňové zapojení se středotlakou nádobou [15].....	28
Obr. 7-6 - Základní kaskádové zapojení [15].....	28
Obr. 7-7- Závislost chladicího faktoru na volbě zapojení [6]	29
Obr. 8-1 - Tepelné čerpadlo vzduch-voda [21]	31
Obr. 8-2 - Tepelné čerpadlo se zdrojem tepla z podzemní vody [18].....	33
Obr. 8-3 - Tepelné čerpadlo se zdrojem tepla pomocí vodního kolektoru [19].....	33
Obr. 8-4 - Tepelné čerpadlo se zdrojem tepla z hlubinných vrtů [20]	34
Obr. 8-5 - Tepelné čerpadlo se zdrojem tepla z plošného kolektoru [22].....	35
Obr. 9-1 - Graf bodu bivalence [34].....	36
Obr. 9-2 - Ovládací panel bivalentního zdroje tepla [40]	37
Obr. 10-1 - Ekvitermní křivky pro různou venkovní teplotu [37]	38
Obr. 10-2 - Příklad přímého a směšovacího okruhu [37].....	38
Obr. 11-1 - Základní zapojení jednostupňového okruhu s neazeotropní směsí [6].....	42
Obr. 13-1 - Ukázka látek používaných jako izolátory [9].....	46
Obr. 13-2 - Jednodimenzionální vedení tepla rovinnou stěnou [9].....	47
Obr. 13-3 - Přestup tepla ze stěny do tekutiny [9]	47
Obr. 13-4 - Prostup tepla skrze rovinnou stěnu [9]	48
Obr. 15-1 – Stanovení rozměrů jednotlivých ploch [2]	56
Obr. 15-2 - Cyklus tepelného čerpadla použitý pro výpočet [15].....	69

17.4 Seznam tabulek

Tabulka 11-1 - Přehled dnes používaných chladiv [38].....	40
Tabulka 12-1 - Přehled výše jednotlivých dotací [36]	43
Tabulka 15-1 - Přehled jednotlivých teplot místností [2]	52
Tabulka 15-2 - Výpočet prostupu tepla pro zateplenou zeď 1	53
Tabulka 15-3 - Výpočet prostupu tepla pro nezateplenou zeď 1	53
Tabulka 15-4 - Výpočet prostupu tepla pro zateplenou zeď 2	54
Tabulka 15-5 - Výpočet prostupu tepla pro nezateplenou zeď 2	54
Tabulka 15-6 - Výpočet prostupu tepla pro střešní konstrukci	55
Tabulka 15-7 - Výpočet prostupu tepla podlahy	55
Tabulka 15-8 - Prostup tepla oken a dveří	56
Tabulka 15-9 - Návrhová tepelná ztráta prostupem pro zateplenou místnost 1.4.....	59
Tabulka 15-10 - Návrhová tepelná ztráta prostupem pro zateplenou místnost 1.4. - část 2	59
Tabulka 15-11 - Návrhová tepelná ztráta větráním pro zateplenou místnost 1.4. - část 1	60
Tabulka 15-12 - Návrhová tepelná ztráta větráním - část 2 + zátopový tepelný výkon pro zateplenou místnost 1.4.	60
Tabulka 15-13 - Celkový tepelný výkon pro zateplenou místnost 1.4. - část 1	60
Tabulka 15-14 - Celkový tepelný výkon pro zateplenou místnost 1.4. - část 2	60
Tabulka 15-15 - Přehled napočtených hodnot - část 1	64
Tabulka 15-16 - Přehled napočtených hodnot - část 2	65
Tabulka 15-17 - Přehled napočtených hodnot - část 3	66
Tabulka 15-18 - Přehled napočtených hodnot - část 4	67
Tabulka 15-19 - Celkový tepelné výkony budovy zatepleného objektu - část 1	67
Tabulka 15-20 - Celkový tepelné výkony budovy zatepleného objektu - část 2	68
Tabulka 15-21 - Maximální teplota na vstupu do radiátorů ze všech místností – část 1	68
Tabulka 15-22 - Maximální teplota na vstupu do radiátorů ze všech místností – část 2	68
Tabulka 15-23 - Tabulka pracovních hodnot chladiva R134A	73
Tabulka 15-24 - Průměrný počet dní výskytu průměrných teplot během jednoho roku [28]..	76
Tabulka 15-25 - Množství dodaného tepla během jednoho roku dle zdroje tepla	76
Tabulka 15-26 - Poměr dodaných tepel jednotlivých typů vytápění	77
Tabulka 15-27 - Hodnota nákladů během roku dle druhu vytápění.....	78
Tabulka 15-28 - Poměr ročních nákladů jednotlivých typů vytápění	78

17.5 Seznam příložených výkresů

Půdorys 1. NP BP KKE 18/01

Půdorys 2. NP BP KKE 18/02

Bokorys BP KKE 18/03

17.6 Seznam příloh

I.	Tepelné ztráty.....	88
A.	Nezateplená místnost 1.1.....	88
B.	Zateplená místnost 1.1.....	90
C.	Nezateplená místnost 1.2.....	92
D.	Zateplená místnost 1.2.....	94
E.	Nezateplená místnost 1.3.....	96
F.	Zateplená místnost 1.3.....	98
G.	Nezateplená místnost 1.4.....	100
H.	Zateplená místnost 1.4.....	102
I.	Nezateplená místnost 1.5.....	104
J.	Zateplená místnost 1.5.....	106
K.	Nezateplená místnost 1.6.....	108
L.	Zateplená místnost 1.6.....	110
M.	Nezateplená místnost 1.7.....	112
N.	Zateplená místnost 1.7.....	114
O.	Nezateplená místnost 2.1.....	116
P.	Zateplená místnost 2.1.....	118
Q.	Nezateplená místnost 2.2.....	120
R.	Zateplená místnost 2.2.....	122
S.	Nezateplená místnost 2.3.....	124
T.	Zateplená místnost 2.3.....	126
U.	Nezateplená místnost 2.4.....	128
V.	Zateplená místnost 2.4.....	130
W.	Nezateplená místnost 2.5.....	132
X.	Zateplená místnost 2.5.....	134
Y.	Nezateplená místnost 2.6.....	136
Z.	Zateplená místnost 2.6.....	138
AA.	Celková tepelná ztráta nezatepleného objektu.....	140
II.	Výpočty na topení.....	141
A.	Místnost 1.1.....	141
B.	Místnost 1.2.....	142
C.	Místnost 1.3.....	143
D.	Místnost 1.4.....	144
E.	Místnost 1.5.....	145
F.	Místnost 1.6.....	146

G.	Místnost 1.7.	147
H.	Místnost 2.1.	148
I.	Místnost 2.2.	149
J.	Místnost 2.3.	150
K.	Místnost 2.4.	151
L.	Místnost 2.5.	152
M.	Místnost 2.6.	153
III.	Pracovní hodnoty chladiv R404A, R410A a R407H	154
IV.	Data zadaná do kalkulátoru cen	156

I. Tepelné ztráty

A. Nezateplená místnost 1.1

Tabulka I-1 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro nezateplenou místnost 1.1. – část 1

Nezateplená místnost 1.1.	Délka	Výška	Plocha stavební části	Plocha s ohledem na dveře a okna	Korekční činitel	Typ součinitele prostupu tepla	Součinitel prostupu tepla	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -12°C
	d [mm]	v [mm]	A_k' [m ²]	A_k [m ²]	f_k [-]		U_k [W/(m ² ·K)]	$\Phi_{T,i,j,nez,-12}$ [W]
Zed' západ	2500	2050	5,125	5,125	1	zed' 2	1,365	223,891
Zed' jih	1850	2525	4,671	3,07125	1	zed' 2	1,365	134,171
Dveře jih	800	2000	1,6	1,6	1	dveře vnější	4,700	240,640
Střecha	2500	2079,663	5,199	5,199	1	střecha	0,259	43,029

Tabulka I-2 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro nezateplenou místnost 1.1. – část 2

Nezateplená místnost 1.1.	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -20°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -15°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 0°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 15°C
	$\Phi_{T,i,j,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,0}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,15}$ [W]
Zed' západ	279,863	244,881	209,898	174,915	139,932	104,949	69,966	34,983
Zed' jih	167,713	146,749	125,785	104,821	83,857	62,892	41,928	20,964
Dveře jih	300,800	263,200	225,600	188,000	150,400	112,800	75,200	37,600
Střecha	53,787	47,063	40,340	33,617	26,893	20,170	13,447	6,723

Tabulka I-3 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro nezateplenou místnost 1.1. - část 1

Nezateplená místnost 1.1.	Délka	Šířka	Výška	Objem vytápěného prostoru	Nejmenší hodnota výměny venkovního vzduchu za hodinu	Návrhová tepelná ztráta větráním při -12°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -20°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -15°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -10°C
	d [mm]	š [mm]	v [mm]	V [m ³]	n_{min} [hod ⁻¹]	$\Phi_{V,i,nez,-12}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-10}$ [W]
	1900	1150	2525	5,5171	0,5	30,013	37,516	32,827	28,137

Tabulka I-4 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro nezateplenou místnost 1.1. - část 2 + zátopový tepelný výkon – tepelná ztráta zemí

Nezateplená místnost 1.1.	Návrhová tepelná ztráta větráním při -5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 0°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 15°C	Zátopový tepelný výkon pro přerušovaně vytápěné prostory	Návrhová tepelná ztráta zemí
	$\Phi_{V,i,nez,-5}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,0}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,5}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,10}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,15}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]	$\Phi_{T,i,podlaha}$ [W]
	23,448	18,758	14,069	9,379	4,690	24,035	5,680

Tabulka I-5 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro nezateplenou místnost 1.1. - část 1

Nezateplená místnost 1.1.	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -12°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -20°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -15°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -10°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -5°C
	$\Phi_{HL,i,nez,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-5}$ [W]
	701,459	869,395	764,435	659,475	554,515

Tabulka I-6 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro nezateplenou místnost 1.1. - část 2

Nezateplená místnost 1.1.	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 5°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 15°C
	$\Phi_{HL,i,nez,0}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,5}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,15}$ [W]
	449,555	344,595	239,635	134,675

B. Zateplená místnost 1.1.

Tabulka I-7 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro zateplenou místnost 1.1. – část 1

Zateplená místnost 1.1.	Délka	Výška	Plocha stavební části	Plocha s ohledem na dveře a okna	Korekční činitel	Typ součinitele prostupu tepla	Součinitel prostupu tepla	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -12°C
	d [mm]	v [mm]	A_k' [m ²]	A_k [m ²]	f_k [-]		U_k [W/(m ² ·K)]	$\Phi_{T,i,j,iz,-12}$ [W]
Zed' západ	2600	2050	5,33	5,33	1	zed' 2	0,371	63,328
Zed' jih	1950	2525	4,924	3,324	1	zed' 2	0,371	39,491
Dveře jih	800	2000	1,6	1,6	1	dveře	4,700	240,640
Střecha	2500	2169,101	5,423	5,423	1	střecha	0,259	44,880

Tabulka I-8 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro zateplenou místnost 1.1. – část 2

Zateplená místnost 1.1.	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -20°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -15°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 0°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 15°C
	$\Phi_{T,i,j,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,0}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,15}$ [W]
Zed' západ	79,160	69,265	59,370	49,475	39,580	29,685	19,790	9,895
Zed' jih	49,364	43,193	37,023	30,852	24,682	18,511	12,341	6,170
Dveře jih	300,800	263,200	225,600	188,000	150,400	112,800	75,200	37,600
Střecha	56,100	49,087	42,075	35,062	28,050	21,037	14,025	7,012

Tabulka I-9 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro zateplenou místnost 1.1. - část 1

Zateplená místnost 1.1.	Délka	Šířka	Výška	Objem vytápěného prostoru	Nejmenší hodnota výměny venkovního vzduchu za hodinu	Návrhová tepelná ztráta větráním při -12°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -20°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -15°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -10°C
	d [mm]	š [mm]	v [mm]	V [m ³]	n_{min} [hod ⁻¹]	$\Phi_{V,i,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-10}$ [W]
	1900	1150	2525	5,5171	0,5	30,013	37,516	32,827	28,137

Tabulka I-10 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro zateplenou místnost 1.1. - část 2 + zátopový tepelný výkon – tepelná ztráta zemí

Zateplená místnost 1.1.	Návrhová tepelná ztráta větráním při -5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 0°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 15°C	Zátopový tepelný výkon pro přerušované vytápěné prostory	Návrhová tepelná ztráta zemí
	$\Phi_{V,i,iz,-5}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,15}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]	$\Phi_{T,i,podlaha}$ [W]
	23,448	18,758	14,069	9,379	4,690	24,035	5,908

Tabulka I-11 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro zateplenou místnost 1.1. - část 1

Zateplená místnost 1.1.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -12°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -20°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -15°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -5°C
	$\Phi_{HL,i,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-5}$ [W]
	448,294	552,882	487,515	422,147	356,780

Tabulka I-12 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro zateplenou místnost 1.1. - část 2

Zateplená místnost 1.1.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 5°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 15°C
	$\Phi_{HL,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,15}$ [W]
	291,412	226,045	160,677	95,310

C. Nezateplená místnost 1.2.

Tabulka I-13 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro nezateplenou místnost 1.2. – část 1

Nezateplená místnost 1.2.	Délka	Výška	Plocha stavební části	Plocha s ohledem na dveře a okna	Korekční činitel	Typ součinitele prostupu tepla	Součinitel prostupu tepla	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -12°C
	d [mm]	v [mm]	A_k' [m ²]	A_k [m ²]	f_k [-]		U_k [W/(m ² ·K)]	$\Phi_{T,i,j,nez,-12}$ [W]
Zed' západ	2400	2050	4,920	3,920	1	zed' 4	1,349	169,191
Okno	1000	1000	1	1	1	okno	2,800	89,600
Střecha	2400	2079,663	4,991	4,991	1	střecha	0,259	41,308

Tabulka I-14 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro nezateplenou místnost 1.2. – část 2

Nezateplená místnost 1.2.	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -20°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -15°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 0°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 15°C
	$\Phi_{T,i,j,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,0}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,15}$ [W]
Zed' západ	211,489	185,053	158,616	132,180	105,744	79,308	52,872	26,436
Okno	112,000	98,000	84,000	70,000	56,000	42,000	28,000	14,000
Střecha	51,635	45,181	38,726	32,272	25,818	19,363	12,909	6,454

Tabulka I-15 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro nezateplenou místnost 1.2. - část 1

Nezateplená místnost 1.2.	Délka	Šířka	Výška	Objem vytápěného prostoru	Nejmenší hodnota výměny venkovního vzduchu za hodinu	Návrhová tepelná ztráta větráním při -12°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -20°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -15°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -10°C
	d [mm]	š [mm]	v [mm]	V [m ³]	n_{min} [hod ⁻¹]	$\Phi_{V,i,nez,-12}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-10}$ [W]
	2100	1150	2525	6,0979	1,5	99,517	124,397	108,847	93,297

Tabulka I-16 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro nezateplenou místnost 1.2. - část 2 + zátopový tepelný výkon – tepelná ztráta zemí

Nezateplená místnost 1.2.	Návrhová tepelná ztráta větráním při -5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 0°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 15°C	Zátopový tepelný výkon pro přerušované vytápěné prostory	Návrhová tepelná ztráta zemí
	$\Phi_{V,i,nez,-5}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,0}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,5}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,10}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,15}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]	$\Phi_{T,i,podlaha}$ [W]
	77,748	62,198	46,649	31,099	15,550	26,565	5,453

Tabulka I-17 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro nezateplenou místnost 1.2. - část 1

Nezateplená místnost 1.2.	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -12°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -20°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -15°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -10°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -5°C
	$\Phi_{HL,i,nez,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-5}$ [W]
	431,635	531,539	469,099	406,659	344,218

Tabulka I-18 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro nezateplenou místnost 1.2. - část 2

Nezateplená místnost 1.2.	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 5°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 15°C
	$\Phi_{HL,i,nez,0}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,5}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,15}$ [W]
	281,778	219,338	156,898	94,458

D. Zateplená místnost 1.2.

Tabulka I-19 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro zateplenou místnost 1.2. – část 1

Zateplená místnost 1.2.	Délka	Výška	Plocha stavební části	Plocha s ohledem na dveře a okna	Korekční činitel	Typ součinitele prostupu tepla	Součinitel prostupu tepla	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -12°C
	d [mm]	v [mm]	A_k' [m ²]	A_k [m ²]	f_k [-]		U_k [W/(m ² ·K)]	$\Phi_{T,i,j,iz,-12}$ [W]
Zed' západ	2400	2050	4,92	3,92	1	zed' 4	0,370	46,422
Okno	1000	1000	1	1	1	okno	2,800	89,600
Střecha	2400	2169,1	5,206	5,206	1	střecha	0,259	43,085

Tabulka I-20 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro zateplenou místnost 1.2. – část 2

Zateplená místnost 1.2.	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -20°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -15°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 0°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 15°C
	$\Phi_{T,i,j,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,0}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,15}$ [W]
Zed' západ	58,027	50,774	43,520	36,267	29,013	21,760	14,507	7,253
Okno	112,000	98,000	84,000	70,000	56,000	42,000	28,000	14,000
Střecha	53,856	47,124	40,392	33,660	26,928	20,196	13,464	6,732

Tabulka I-21 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro zateplenou místnost 1.2. - část 1

Zateplená místnost 1.2.	Délka	Šířka	Výška	Objem vytápěného prostoru	Nejmenší hodnota výměny venkovního vzduchu za hodinu	Návrhová tepelná ztráta větráním při -12°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -20°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -15°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -10°C
	d [mm]	š [mm]	v [mm]	V [m ³]	n_{min} [hod ⁻¹]	$\Phi_{V,i,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-10}$ [W]
	2100	1150	2525	6,0979	1,5	99,517	124,397	108,847	93,297

Tabulka I-22 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro zateplenou místnost 1.2. - část 2 + zátopový tepelný výkon – tepelná ztráta zemí

Zateplená místnost 1.2.	Návrhová tepelná ztráta větráním při -5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 0°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 15°C	Zátopový tepelný výkon pro přerušovaně vytápěné prostory	Návrhová tepelná ztráta zemí
	$\Phi_{V,i,iz,-5}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,15}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]	$\Phi_{T,i,podlaha}$ [W]
	77,748	62,198	46,649	31,099	15,550	26,565	5,453

Tabulka I-23 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro zateplenou místnost 1.2. - část 1

Zateplená místnost 1.2.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -12°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -20°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -15°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -5°C
	$\Phi_{HL,i,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-5}$ [W]
	310,642	380,298	336,763	293,228	249,693

Tabulka I-24 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro zateplenou místnost 1.2. - část 2

Zateplená místnost 1.2.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 5°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 15°C
	$\Phi_{HL,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,15}$ [W]
	206,158	162,623	119,088	75,553

E. Nezateplená místnost 1.3.

Tabulka I-25 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro nezateplenou místnost 1.3. – část 1

Nezateplená místnost 1.3.	Délka	Výška	Plocha stavební části	Plocha s ohledem na dveře a okna	Korekční činitel	Typ součinitele prostupu tepla	Součinitel prostupu tepla	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -12°C
	d [mm]	v [mm]	A_k' [m ²]	A_k [m ²]	f_k [-]		U_k [W/(m ² ·K)]	$\Phi_{T,j,j,nez,-12}$ [W]
Zed' jih	4200	3000	12,6	10,04	1	zed' 2	1,365	438,608
Okno	1600	1600	2,56	2,56	1	okno	2,800	229,376

Tabulka I-26 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro nezateplenou místnost 1.3. – část 2

Nezateplená místnost 1.3.	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -20°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -15°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 0°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 15°C
	$\Phi_{T,i,j,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,0}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,15}$ [W]
Zed' jih	548,259	479,727	411,195	342,662	274,130	205,597	137,065	68,532
Okno	286,720	250,880	215,040	179,200	143,360	107,520	71,680	35,840

Tabulka I-27 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro nezateplenou místnost 1.3. - část 1

Nezateplená místnost 1.3.	Délka	Šířka	Výška	Objem vytápěného prostoru	Nejmenší hodnota výměny venkovního vzduchu za hodinu	Návrhová tepelná ztráta větráním při -12°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -20°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -15°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -10°C
	d [mm]	š [mm]	v [mm]	V [m ³]	n_{min} [hod ⁻¹]	$\Phi_{V,i,nez,-12}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{V,j,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-10}$ [W]
	4400	3800	3000	50,1600	0,5	272,870	341,088	298,452	255,816

Tabulka I-28 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro nezateplenou místnost 1.3. - část 2 + zátopový tepelný výkon – tepelná ztráta zemí

Nezateplená místnost 1.3.	Návrhová tepelná ztráta větráním při -5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 0°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 15°C	Zátopový tepelný výkon pro přerušovaně vytápěné prostory	Návrhová tepelná ztráta zemí	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -20°C
	$\Phi_{V,i,nez,-5}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,0}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,5}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,10}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,15}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]	$\Phi_{T,i,podlaha}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-20}$ [W]
	213,180	170,544	127,908	85,272	42,636	183,920	25,792	1385,779

Tabulka I-29 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro nezateplenou místnost 1.3. - část 1

Nezateplená místnost 1.3.	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -12°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -20°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -15°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -10°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -5°C
	$\Phi_{HL,i,nez,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-5}$ [W]
	1150,566	1385,779	1238,771	1091,762	944,754

Tabulka I-30 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro nezateplenou místnost 1.3. - část 2

Nezateplená místnost 1.3.	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 5°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 15°C
	$\Phi_{HL,i,nez,0}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,5}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,15}$ [W]
	797,746	650,737	503,729	356,720

F. Zateplená místnost 1.3.

Tabulka I-31 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro zateplenou místnost 1.3. – část 1

Zateplená místnost 1.3.	Délka	Výška	Plocha stavební části	Plocha s ohledem na dveře a okna	Korekční činitel	Typ součinitele prostupu tepla	Součinitel prostupu tepla	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -12°C
	d [mm]	v [mm]	A_k' [m ²]	A_k [m ²]	f_k [-]		U_k [W/(m ² ·K)]	$\Phi_{T,i,j,iz,-12}$ [W]
Zed' jih	4200	3000	12,6	10,04	1	zed' 2	0,371	119,289
Okno	1600	1600	2,56	2,56	1	okno	2,800	229,376

Tabulka I-32 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro zateplenou místnost 1.3. – část 2

Zateplená místnost 1.3.	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -20°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -15°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 0°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 15°C
	$\Phi_{T,i,j,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,0}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,15}$ [W]
Zed' jih	149,112	130,473	111,834	93,195	74,556	55,917	37,278	18,639
Okno	286,720	250,880	215,040	179,200	143,360	107,520	71,680	35,840

Tabulka I-33 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro zateplenou místnost 1.3. - část 1

Zateplená místnost 1.3.	Délka	Šířka	Výška	Objem vytápěného prostoru	Nejmenší hodnota výměny venkovního vzduchu za hodinu	Návrhová tepelná ztráta větráním při -12°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -20°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -15°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -10°C
	d [mm]	š [mm]	v [mm]	V [m ³]	n_{min} [hod ⁻¹]	$\Phi_{V,i,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-10}$ [W]
	4400	3800	3000	50,1600	0,5	272,870	341,088	298,452	255,816

Tabulka I-34 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro zateplenou místnost 1.3. - část 2 + zátopový tepelný výkon – tepelná ztráta zemí

Zateplená místnost 1.3.	Návrhová tepelná ztráta větráním při -5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 0°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 15°C	Zátopový tepelný výkon pro přerušované vytápěné prostory	Návrhová tepelná ztráta zemí
	$\Phi_{V,i,iz,-5}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,15}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]	$\Phi_{T,i,podlaha}$ [W]
	213,180	170,544	127,908	85,272	42,636	183,920	26,308

Tabulka I-35 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro zateplenou místnost 1.3. - část 1

Zateplená místnost 1.3.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -12°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -20°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -15°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -5°C
	$\Phi_{HL,i,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-5}$ [W]
	831,763	987,147	890,032	792,917	695,802

Tabulka I-36 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro zateplenou místnost 1.3. - část 2

Zateplená místnost 1.3.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 5°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 15°C
	$\Phi_{HL,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,15}$ [W]
	598,688	501,573	404,458	307,343

G. Nezateplená místnost 1.4.

Tabulka I-37 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro nezateplenou místnost 1.4. – část 1

Nezateplená místnost 1.4.	Délka	Výška	Plocha stavební části	Plocha s ohledem na dveře a okna	Korekční činitel	Typ součinitele prostupu tepla	Součinitel prostupu tepla	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -12°C
	d [mm]	v [mm]	A_k' [m ²]	A_k [m ²]	f_k [-]		U_k [W/(m ² ·K)]	$\Phi_{T,i,j,nez,-12}$ [W]
Zed' sever	1850	2525	4,671	3,071	1	zed' 2	1,365	134,171
Dveře sever	2000	800	1,6	1,6	1	dveře	4,700	240,640
Zed' západ	2600	2050	5,33	4,33	1	zed' 2	1,365	189,160
Okno západ	1000	1000	1	1	1	okno	2,800	89,600
Střecha	2000	2079,663	4,159	4,159	1	střecha	0,259	34,423

Tabulka I-38 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro nezateplenou místnost 1.4. – část 2

Nezateplená místnost 1.4.	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -20°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -15°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 0°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 15°C
	$\Phi_{T,i,j,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,0}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,15}$ [W]
Zed' sever	167,713	146,749	125,785	104,821	83,857	62,892	41,928	20,964
Dveře sever	300,800	263,200	225,600	188,000	150,400	112,800	75,200	37,600
Zed' západ	236,451	206,894	177,338	147,782	118,225	88,669	59,113	29,556
Okno západ	112,000	98,000	84,000	70,000	56,000	42,000	28,000	14,000
Střecha	43,029	37,651	32,272	26,893	21,515	16,136	10,757	5,379

Tabulka I-39 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro nezateplenou místnost 1.4. - část 1

Nezateplená místnost 1.4.	Délka	Šířka	Výška	Objem vytápěného prostoru	Nejmenší hodnota výměny venkovního vzduchu za hodinu	Návrhová tepelná ztráta větráním při -12°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -20°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -15°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -10°C
	d [mm]	š [mm]	v [mm]	V [m ³]	n_{min} [hod ⁻¹]	$\Phi_{V,i,nez,-12}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-10}$ [W]
	2000	1150	2525	5,8075	0,5	31,593	39,491	34,555	29,618

Tabulka I-40 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro nezateplenou místnost 1.4. - část 2 + zátopový tepelný výkon – tepelná ztráta zemí

Nezateplená místnost 1.4.	Návrhová tepelná ztráta větráním při -5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 0°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 15°C	Zátopový tepelný výkon pro přerušovaně vytápěné prostory	Návrhová tepelná ztráta zemí
	$\Phi_{V,i,nez,-5}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,0}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,5}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,10}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,15}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]	$\Phi_{T,i,podlaha}$ [W]
	24,682	19,746	14,809	9,873	4,936	25,300	5,908

Tabulka I-41 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro nezateplenou místnost 1.4. - část 1

Nezateplená místnost 1.4.	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -12°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -20°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -15°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -10°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -5°C
	$\Phi_{HL,i,nez,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-5}$ [W]
	750,795	930,692	818,256	705,821	593,385

Tabulka I-42 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro nezateplenou místnost 1.4. - část 2

Nezateplená místnost 1.4.	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 5°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 15°C
	$\Phi_{HL,i,nez,0}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,5}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,15}$ [W]
	480,950	368,514	256,079	143,643

H. Zateplená místnost 1.4.

Tabulka I-43 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro zateplenou místnost 1.4. – část 1

Zateplená místnost 1.4.	Délka	Výška	Plocha stavební části	Plocha s ohledem na dveře a okna	Korekční činitel	Typ součinitele prostupu tepla	Součinitel prostupu tepla	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -12°C
	d [mm]	v [mm]	A_k' [m ²]	A_k [m ²]	f_k [-]		U_k [W/(m ² ·K)]	$\Phi_{T,i,j,iz,-12}$ [W]
Zed' sever	1950	2525	4,924	3,324	1,0	Zed' 1	0,371	39,491
Dveře sever	2000	800	1,600	1,600	1,0	Dveře	4,700	240,640
Zed' západ	2700	2050	5,535	4,535	1,0	Zed' 1	0,371	53,882
Okno západ	1000	1000	1,000	1,000	1,0	Okno	2,800	89,600
Střecha	2000	2169,101	4,338	4,338	1,0	Střecha	0,259	35,904
Podlaha	XXX	XXX	5,265	5,265	0,3	Podlaha	0,273	6,466

Tabulka I-44 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro zateplenou místnost 1.4. – část 2

Zateplená místnost 1.4.	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -20°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -15°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 0°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 15°C
	$\Phi_{T,i,j,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,0}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,15}$ [W]
Zed' sever	49,364	43,193	37,023	30,852	24,682	18,511	12,341	6,170
Dveře sever	300,800	263,200	225,600	188,000	150,400	112,800	75,200	37,600
Zed' západ	67,353	58,934	50,515	42,095	33,676	25,257	16,838	8,419
Okno západ	112,000	98,000	84,000	70,000	56,000	42,000	28,000	14,000
Střecha	44,880	39,270	33,660	28,050	22,440	16,830	11,220	5,610
Podlaha	6,466	6,466	6,466	6,466	6,466	6,466	6,466	6,466

Tabulka I-45 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro zateplenou místnost 1.4. - část 1

Zateplená místnost 1.4.	Délka	Šířka	Výška	Objem vytápěného prostoru	Nejmenší hodnota výměny venkovního vzduchu za hodinu	Návrhová tepelná ztráta větráním při -12°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -20°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -15°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -10°C
	d [mm]	š [mm]	v [mm]	V [m ³]	n_{min} [hod ⁻¹]	$\Phi_{V,i,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-10}$ [W]
	2000	1150	2525	5,8075	0,5	31,593	39,491	34,555	29,618

Tabulka I-46 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro zateplenou místnost 1.4. - část 2 + zátopový tepelný výkon – tepelná ztráta zemí

Zateplená místnost 1.4.	Návrhová tepelná ztráta větráním při -5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 0°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 15°C	Zátopový tepelný výkon pro přerušované vytápěné prostory	Návrhová tepelná ztráta zemí
	$\Phi_{V,i,iz,-5}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,15}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]	$\Phi_{T,i,podlaha}$ [W]
	24,682	19,746	14,809	9,873	4,936	48,736	6,466

Tabulka I-47 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro zateplenou místnost 1.4. - část 1

Zateplená místnost 1.4.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -12°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -20°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -15°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -5°C
	$\Phi_{HL,i,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-5}$ [W]
	522,876	645,653	568,918	492,182	415,446

Tabulka I-48 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro zateplenou místnost 1.4. - část 2

Zateplená místnost 1.4.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 5°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 15°C
	$\Phi_{HL,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,15}$ [W]
	338,710	261,974	185,238	108,502

I. Nezateplená místnost 1.5.

Tabulka I-49 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro nezateplenou místnost 1.5. – část 1

Nezateplená místnost 1.5.	Délka	Výška	Plocha stavební části	Plocha s ohledem na dveře a okna	Korekční činitel	Typ součinitele prostupu tepla	Součinitel prostupu tepla	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -12°C
	d [mm]	v [mm]	A_k' [m ²]	A_k [m ²]	f_k [-]		U_k [W/(m ² ·K)]	$\Phi_{T,i,j,nez,-12}$ [W]
Zed' západ	1100	2050	2,255	2,255	1	zed' 2	1,365	98,512
Střecha	800	2079,6634	1,664	1,664	1	střecha	0,259	13,769

Tabulka I-50 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro nezateplenou místnost 1.5. – část 2

Nezateplená místnost 1.5.	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -20°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -15°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 0°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 15°C
	$\Phi_{T,i,j,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,0}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,15}$ [W]
Zed' západ	123,140	107,747	92,355	76,962	61,570	46,177	30,785	15,392
Střecha	17,212	15,060	12,909	10,757	8,606	6,454	4,303	2,151

Tabulka I-51 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro nezateplenou místnost 1.5. - část 1

Nezateplená místnost 1.5.	Délka	Šířka	Výška	Objem vytápěného prostoru	Nejmenší hodnota výměny venkovního vzduchu za hodinu	Návrhová tepelná ztráta větráním při -12°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -20°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -15°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -10°C
	d [mm]	š [mm]	v [mm]	V [m ³]	n_{min} [hod ⁻¹]	$\Phi_{V,i,nez,-12}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-10}$ [W]
	800	1150	2525	2,3230	1,5	37,911	47,389	41,466	35,542

Tabulka I-52 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro nezateplenou místnost 1.5. - část 2 + zátopový tepelný výkon – tepelná ztráta zemí

Nezateplená místnost 1.5.	Návrhová tepelná ztráta větráním při -5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 0°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 15°C	Zátopový tepelný výkon pro přerušované vytápěné prostory	Návrhová tepelná ztráta zemí
	$\Phi_{V,i,nez,-5}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,0}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,5}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,10}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,15}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]	$\Phi_{T,i,podlaha}$ [W]
	29,618	23,695	17,771	11,847	5,924	10,120	2,499

Tabulka I-53 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro nezateplenou místnost 1.5. - část 1

Nezateplená místnost 1.5.	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -12°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -20°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -15°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -10°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -5°C
	$\Phi_{HL,i,nez,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-5}$ [W]
	162,812	200,360	176,893	153,425	129,957

Tabulka I-54 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro nezateplenou místnost 1.5. - část 2

Nezateplená místnost 1.5.	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 5°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 15°C
	$\Phi_{HL,i,nez,0}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,5}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,15}$ [W]
	106,490	83,022	59,555	36,087

J. Zateplená místnost 1.5.

Tabulka I-55 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro zateplenou místnost 1.5. – část 1

Zateplená místnost 1.5.	Délka	Výška	Plocha stavební části	Plocha s ohledem na dveře a okna	Korekční činitel	Typ součinitele prostupu tepla	Součinitel prostupu tepla	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -12°C
	d [mm]	v [mm]	A_k' [m ²]	A_k [m ²]	f_k [-]		U_k [W/(m ² ·K)]	$\Phi_{T,i,j,iz,-12}$ [W]
Zed' západ	1100	2050	2,255	2,255	1	zed' 2	0,371	26,793
Střecha	800	2169,1	1,735	1,735	1	střecha	0,259	14,362

Tabulka I-56 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro zateplenou místnost 1.5. – část 2

Zateplená místnost 1.5.	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -20°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -15°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 0°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 15°C
	$\Phi_{T,i,j,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,0}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,15}$ [W]
Zed' západ	33,491	29,304	25,118	20,932	16,745	12,559	8,373	4,186
Střecha	17,952	15,708	13,464	11,220	8,976	6,732	4,488	2,244

Tabulka I-57 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro zateplenou místnost 1.5. - část 1

Zateplená místnost 1.5.	Délka	Šířka	Výška	Objem vytápěného prostoru	Nejmenší hodnota výměny venkovního vzduchu za hodinu	Návrhová tepelná ztráta větráním při -12°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -20°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -15°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -10°C
	d [mm]	š [mm]	v [mm]	V [m ³]	n_{min} [hod ⁻¹]	$\Phi_{V,i,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-10}$ [W]
	800	1150	2525	2,3230	1,5	37,911	47,389	41,466	35,542

Tabulka I-58 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro zateplenou místnost 1.5. - část 2 + zátopový tepelný výkon – tepelná ztráta zemí

Zateplená místnost 1.5.	Návrhová tepelná ztráta větráním při -5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 0°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 15°C	Zátopový tepelný výkon pro přerušované vytápěné prostory	Návrhová tepelná ztráta zemí
	$\Phi_{V,i,iz,-5}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,15}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]	$\Phi_{T,i,podlaha}$ [W]
	29,618	23,695	17,771	11,847	5,924	10,120	2,634

Tabulka I-59 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro zateplenou místnost 1.5. - část 1

Zateplená místnost 1.5.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při - 12°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při - 20°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při - 15°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při - 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při - 5°C
	$\Phi_{HL,i,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-5}$ [W]
	91,820	111,586	99,232	86,878	74,524

Tabulka I-60 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro zateplenou místnost 1.5. - část 2

Zateplená místnost 1.5.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 5°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 15°C
	$\Phi_{HL,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,15}$ [W]
	62,170	49,816	37,462	25,108

K. Nezateplená místnost 1.6.

Tabulka I-61 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro nezateplenou místnost 1.6. – část 1

Nezateplená místnost 1.6.	Délka	Výška	Plocha stavební části	Plocha s ohledem na dveře a okna	Korekční činitel	Typ součinitele prostupu tepla	Součinitel prostupu tepla	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -12°C
	d [mm]	v [mm]	A_k' [m ²]	A_k [m ²]	f_k [-]		U_k [W/(m ² ·K)]	$\Phi_{T,i,j,nez,-12}$ [W]
Zed' sever	2450	3000	7,35	7,35	1	zed' 2	1,365	321,092
Zed' západ	900	3000	2,7	2,7	1	zed' 2	1,365	117,952

Tabulka I-62 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro nezateplenou místnost 1.6. – část 2

Nezateplená místnost 1.6.	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -20°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -15°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 0°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 15°C
	$\Phi_{T,i,j,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,0}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,15}$ [W]
Zed' sever	401,365	351,195	301,024	250,853	200,683	150,512	100,341	50,171
Zed' západ	147,440	129,010	110,580	92,150	73,720	55,290	36,860	18,430

Tabulka I-63 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro nezateplenou místnost 1.6. - část 1

Nezateplená místnost 1.6.	Délka	Šířka	Výška	Objem vytápěného prostoru	Nejmenší hodnota výměny venkovního vzduchu za hodinu	Návrhová tepelná ztráta větráním při -12°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -20°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -15°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -10°C
	d [mm]	š [mm]	v [mm]	V [m ³]	n_{min} [hod ⁻¹]	$\Phi_{V,i,nez,-12}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-10}$ [W]
	1850	4000	3000	22,2000	0,5	120,768	150,960	132,090	113,220

Tabulka I-64 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro nezateplenou místnost 1.6. - část 2 + zátopový tepelný výkon – tepelná ztráta zemí

Nezateplená místnost 1.6.	Návrhová tepelná ztráta větráním při -5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 0°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 15°C	Zátopový tepelný výkon pro přerušovaně vytápěné prostory	Návrhová tepelná ztráta zemí
	$\Phi_{V,i,nez,-5}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,0}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,5}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,10}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,15}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]	$\Phi_{T,i,podlaha}$ [W]
	94,350	75,480	56,610	37,740	18,870	81,400	13,842

Tabulka I-65 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro nezateplenou místnost 1.6. - část 1

Nezateplená místnost 1.6.	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -12°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -20°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -15°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -10°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -5°C
	$\Phi_{HL,i,nez,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-5}$ [W]
	655,054	795,007	707,536	620,066	532,595

Tabulka I-66 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro nezateplenou místnost 1.6. - část 2

Nezateplená místnost 1.6.	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 5°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 15°C
	$\Phi_{HL,i,nez,0}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,5}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,15}$ [W]
	445,124	357,654	270,183	182,712

L. Zateplená místnost 1.6.

Tabulka I-67 - Výpočet návrhové tepelné ztráty postupem pro zateplenou místnost 1.6. – část 1

Zateplená místnost 1.6.	Délka	Výška	Plocha stavební části	Plocha s ohledem na dveře a okna	Korekční činitel	Typ součinitele prostupu tepla	Součinitel prostupu tepla	Návrhová tepelná ztráta postupem při -12°C
	d [mm]	v [mm]	A_k' [m ²]	A_k [m ²]	f_k [-]		U_k [W/(m ² ·K)]	$\Phi_{T,i,j,iz,-12}$ [W]
Zed' sever	2550	3000	7,65	7,65	1	zed' 2	0,371	90,893
Zed' západ	1000	3000	3	3	1	zed' 2	0,371	35,644

Tabulka I-68 - Výpočet návrhové tepelné ztráty postupem pro zateplenou místnost 1.6. – část 2

Zateplená místnost 1.6.	Návrhová tepelná ztráta postupem při -20°C	Návrhová tepelná ztráta postupem při -15°C	Návrhová tepelná ztráta postupem při -10°C	Návrhová tepelná ztráta postupem při -5°C	Návrhová tepelná ztráta postupem při 0°C	Návrhová tepelná ztráta postupem při 5°C	Návrhová tepelná ztráta postupem při 10°C	Návrhová tepelná ztráta postupem při 15°C
	$\Phi_{T,i,j,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,0}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,15}$ [W]
Zed' sever	113,616	99,414	85,212	71,010	56,808	42,606	28,404	14,202
Zed' západ	44,555	38,986	33,416	27,847	22,278	16,708	11,139	5,569

Tabulka I-69 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro zateplenou místnost 1.6. - část 1

Zateplená místnost 1.6.	Délka	Šířka	Výška	Objem vytápěného prostoru	Nejmenší hodnota výměny venkovního vzduchu za hodinu	Návrhová tepelná ztráta větráním při -12°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -20°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -15°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -10°C
	d [mm]	š [mm]	v [mm]	V [m ³]	n_{min} [hod ⁻¹]	$\Phi_{V,i,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-10}$ [W]
	1850	4000	3000	22,2000	0,5	120,768	150,960	132,090	113,220

Tabulka I-70 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro zateplenou místnost 1.6. - část 2 + zátopový tepelný výkon – tepelná ztráta zemí

Zateplená místnost 1.6.	Návrhová tepelná ztráta větráním při -5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 0°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 15°C	Zátopový tepelný výkon pro přerušované vytápěné prostory	Návrhová tepelná ztráta zemí
	$\Phi_{V,i,iz,-5}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,15}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]	$\Phi_{T,i,podlaha}$ [W]
	94,350	75,480	56,610	37,740	18,870	81,400	14,720

Tabulka I-71 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro zateplenou místnost 1.6. - část 1

Zateplená místnost 1.6.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -12°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -20°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -15°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -5°C
	$\Phi_{HL,i,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-5}$ [W]
	343,425	405,251	366,610	327,968	289,327

Tabulka I-72 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro zateplenou místnost 1.6. - část 2

Zateplená místnost 1.6.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 5°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 15°C
	$\Phi_{HL,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,15}$ [W]
	250,685	212,044	173,403	134,761

M. Nezateplená místnost 1.7.

Tabulka I-73 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro nezateplenou místnost 1.7. – část 1

Nezateplená místnost 1.7.	Délka	Výška	Plocha stavební části	Plocha s ohledem na dveře a okna	Korekční činitel	Typ součinitele prostupu tepla	Součinitel prostupu tepla	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -12°C
	d [mm]	v [mm]	A_k' [m ²]	A_k [m ²]	f_k [-]		U_k [W/(m ² ·K)]	$\Phi_{T,i,j,nez,-12}$ [W]
Zed' sever	6350	3000	19,05	13,29	1	zed' 2	1,365	580,587
Okno sever 1	1600	1600	2,56	2,56	1	okno	2,800	229,376
Okno sever 2	1600	2000	3,2	3,2	1	okno	2,800	286,720
Zed' jih	4400	3000	13,2	10,64	1	zed' 2	1,365	464,819
Okno jih	1600	1600	2,56	2,56	1	okno	2,800	229,376
Zed' západ	9600	3000	28,8	28,8	1	zed' 2	1,365	1258,157

Tabulka I-74 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro nezateplenou místnost 1.7. – část 2

Nezateplená místnost 1.7.	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -20°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -15°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 0°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 15°C
	$\Phi_{T,i,j,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,0}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,15}$ [W]
Zed' sever	725,734	635,017	544,300	453,584	362,867	272,150	181,433	90,717
Okno sever 1	286,720	250,880	215,040	179,200	143,360	107,520	71,680	35,840
Okno sever 2	358,400	313,600	268,800	224,000	179,200	134,400	89,600	44,800
Zed' jih	581,024	508,396	435,768	363,140	290,512	217,884	145,256	72,628
Okno jih	286,720	250,880	215,040	179,200	143,360	107,520	71,680	35,840
Zed' západ	1572,696	1376,109	1179,522	982,935	786,348	589,761	393,174	196,587

Tabulka I-75 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro nezateplenou místnost 1.7. - část 1

Nezateplená místnost 1.7.	Délka	Šířka	Výška	Objem vytápěného prostoru	Nejmenší hodnota výměny venkovního vzduchu za hodinu	Návrhová tepelná ztráta větráním při -12°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -20°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -15°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -10°C
	d [mm]	š [mm]	v [mm]	V [m ³]	n_{min} [hod ⁻¹]	$\Phi_{V,i,nez,-12}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-10}$ [W]
	4000	5750	3000	69,0000	0,5	666,835	833,544	729,351	625,158
3800	4700	3000	53,5800						

Tabulka I-76 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro nezateplenou místnost 1.7. - část 2 + zátopový tepelný výkon – tepelná ztráta zemí

Nezateplená místnost 1.7.	Návrhová tepelná ztráta větráním při -5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 0°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 15°C	Zátopový tepelný výkon pro přerušované vytápěné prostory	Návrhová tepelná ztráta zemí
	$\Phi_{V,i,nez,-5}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,0}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,5}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,10}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,15}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]	$\Phi_{T,i,podlaha}$ [W]
	520,965	416,772	312,579	208,386	104,193	449,460	62,330

Tabulka I-77 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro nezateplenou místnost 1.7. - část 1

Nezateplená místnost 1.7.	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -12°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -20°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -15°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -10°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -5°C
	$\Phi_{HL,i,nez,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-5}$ [W]
	4227,661	5156,628	4576,023	3995,419	3414,814

Tabulka I-78 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro nezateplenou místnost 1.7. - část 2

Nezateplená místnost 1.7.	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 5°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 15°C
	$\Phi_{HL,i,nez,0}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,5}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,15}$ [W]
	2834,209	2253,605	1673,000	1092,395

N. Zateplená místnost 1.7.

Tabulka I-79 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro zateplenou místnost 1.7. – část 1

Zateplená místnost 1.7.	Délka	Výška	Plocha stavební části	Plocha s ohledem na dveře a okna	Korekční činitel	Typ součinitele prostupu tepla	Součinitel prostupu tepla	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -12°C
	d [mm]	v [mm]	A_k' [m ²]	A_k [m ²]	f_k [-]		U_k [W/(m ² ·K)]	$\Phi_{T,i,j,iz,-12}$ [W]
Zed' sever	6450	3000	19,35	13,59	1	zed' 2	0,371	161,468
Okno sever 1	1600	1600	2,56	2,56	1	okno	2,800	229,376
Okno sever 2	1600	2000	3,2	3,2	1	okno	2,800	286,720
Zed' jih	4500	3000	13,5	10,94	1	zed' 2	0,371	129,983
Okno jih	1600	1600	2,56	2,56	1	okno	2,800	229,376
Zed' západ	9800	3000	29,4	29,4	1	zed' 2	0,371	349,313

Tabulka I-80 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro zateplenou místnost 1.7. – část 2

Zateplená místnost 1.7.	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -20°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -15°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 0°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 15°C
	$\Phi_{T,i,j,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,0}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,15}$ [W]
Zed' sever	201,835	176,606	151,377	126,147	100,918	75,688	50,459	25,229
Okno sever 1	286,720	250,880	215,040	179,200	143,360	107,520	71,680	35,840
Okno sever 2	358,400	313,600	268,800	224,000	179,200	134,400	89,600	44,800
Zed' jih	162,478	142,168	121,859	101,549	81,239	60,929	40,620	20,310
Okno jih	286,720	250,880	215,040	179,200	143,360	107,520	71,680	35,840
Zed' západ	436,642	382,061	327,481	272,901	218,321	163,741	109,160	54,580

Tabulka I-81 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro zateplenou místnost 1.7. - část 1

Zateplená místnost 1.7.	Délka	Šířka	Výška	Objem vytápěného prostoru	Nejmenší hodnota výměny venkovního vzduchu za hodinu	Návrhová tepelná ztráta větráním při -12°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -20°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -15°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -10°C
	d [mm]	š [mm]	v [mm]	V [m ³]	n_{min} [hod ⁻¹]	$\Phi_{V,i,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-10}$ [W]
	4000	5750	3000	69,0000	0,5	666,835	833,544	729,351	625,158
3800	4700	3000	53,5800						

Tabulka I-82 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro zateplenou místnost 1.7. - část 2 + zátopový tepelný výkon – tepelná ztráta zemí

Zateplená místnost 1.7.	Návrhová tepelná ztráta větráním při -5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 0°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 15°C	Zátopový tepelný výkon pro přerušované vytápěné prostory	Návrhová tepelná ztráta zemí
	$\Phi_{V,i,iz,-5}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,15}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]	$\Phi_{T,i,podlaha}$ [W]
	520,965	416,772	312,579	208,386	104,193	449,460	65,419

Tabulka I-83 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro zateplenou místnost 1.7. - část 1

Zateplená místnost 1.7.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -12°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -20°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -15°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -5°C
	$\Phi_{HL,i,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-5}$ [W]
	2567,951	3081,218	2760,426	2439,634	2118,841

Tabulka I-84 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro zateplenou místnost 1.7. - část 2

Zateplená místnost 1.7.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 5°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 15°C
	$\Phi_{HL,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,15}$ [W]
	1798,049	1477,256	1156,464	835,672

O. Nezateplená místnost 2.1.

Tabulka I-85 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro nezateplenou místnost 2.1. – část 1

Nezateplená místnost 2.1.	Délka	Výška	Plocha stavební části	Plocha s ohledem na dveře a okna	Korekční činitel	Typ součinitele prostupu tepla	Součinitel prostupu tepla	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -12°C
	d [mm]	v [mm]	A_k' [m ²]	A_k [m ²]	f_k [-]		U_k [W/(m ² ·K)]	$\Phi_{T,i,j,nez,-12}$ [W]
Zed' sever	2450	2500	6,125	3,565	1	zed' 2	1,365	155,741
Zed' sever st	2450	1414,508	1,733	1,733	1	zed' 2	1,365	75,698
Okno sever	1600	1600	2,56	2,56	1	okno	2,800	229,376
Zed' západ	3975	2500	9,938	8,938	1	zed' 2	1,365	390,444
Okno západ	1000	1000	1	1	1	okno	2,800	89,600
Střecha	XXX	XXX	14,154	14,154	1	střecha	0,259	117,139

Tabulka I-86 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro nezateplenou místnost 2.1. – část 2

Nezateplená místnost 2.1.	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -20°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -15°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 0°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 15°C
	$\Phi_{T,i,j,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,0}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,15}$ [W]
Zed' sever	194,676	170,341	146,007	121,672	97,338	73,003	48,669	24,334
Zed' sever st	94,622	82,795	70,967	59,139	47,311	35,483	23,656	11,828
Okno sever	286,720	250,880	215,040	179,200	143,360	107,520	71,680	35,840
Zed' západ	488,055	427,048	366,041	305,034	244,027	183,020	122,014	61,007
Okno západ	112,000	98,000	84,000	70,000	56,000	42,000	28,000	14,000
Střecha	146,424	128,121	109,818	91,515	73,212	54,909	36,606	18,303

Tabulka I-87 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro nezateplenou místnost 2.1. - část 1

Nezateplená místnost 2.1.	Délka	Šířka	Výška	Objem vytápěného prostoru	Nejmenší hodnota výměny venkovního vzduchu za hodinu	Návrhová tepelná ztráta větráním při -12°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -20°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -15°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -10°C
	d [mm]	š [mm]	v [mm]	V [m ³]	n_{min} [hod ⁻¹]	$\Phi_{V,i,nez,-12}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-10}$ [W]
	1850	3375	2500	15,6094	0,5	166,702	208,378	182,330	156,283
	1950	1725	2500	8,4094					
1000	2650	2500	6,6250						

Tabulka I-88 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro nezateplenou místnost 2.1. - část 2 + zátopový tepelný výkon

Nezateplená místnost 2.1.	Návrhová tepelná ztráta větráním při -5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 0°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 15°C	Zátopový tepelný výkon pro přerušované vytápěné prostory
	$\Phi_{V,i,nez,-5}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,0}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,5}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,10}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,15}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]
	130,236	104,189	78,142	52,094	26,047	134,833

Tabulka I-89 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro nezateplenou místnost 2.1. - část 1

Nezateplená místnost 2.1.	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -12°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -20°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -15°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -10°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -5°C
	$\Phi_{HL,i,nez,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-5}$ [W]
	1359,532	1665,707	1474,348	1282,988	1091,629

Tabulka I-90 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro nezateplenou místnost 2.1. - část 2

Nezateplená místnost 2.1.	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 5°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 15°C
	$\Phi_{HL,i,nez,0}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,5}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,15}$ [W]
	900,270	708,910	517,551	326,192

P. Zateplená místnost 2.1.

Tabulka I-91 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro zateplenou místnost 2.1. – část 1

Zateplená místnost 2.1.	Délka	Výška	Plocha stavební části	Plocha s ohledem na dveře a okna	Korekční činitel	Typ součinitele prostupu tepla	Součinitel prostupu tepla	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -12°C
	d [mm]	v [mm]	A_k' [m ²]	A_k [m ²]	f_k [-]		U_k [W/(m ² ·K)]	$\Phi_{T,i,j,iz,-12}$ [W]
Zed' sever	2550	2500	6,375	3,815	1	zed' 2	0,371	45,328
Zed' sever st	2550	1472,24	1,877	1,877	1	zed' 2	0,371	22,303
Okno sever	1600	1600	2,56	2,56	1	okno	2,800	229,376
Zed' západ	4075	2500	10,188	9,188	1	zed' 2	0,371	109,160
Okno západ	1000	1000	1	1	1	okno	2,800	89,600
Střecha	XXX	XXX	14,154	14,154	1	střecha k	0,259	117,139

Tabulka I-92 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro zateplenou místnost 2.1. – část 2

Zateplená místnost 2.1.	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -20°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -15°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 0°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 15°C
	$\Phi_{T,i,j,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,0}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,15}$ [W]
Zed' sever	56,659	49,577	42,495	35,412	28,330	21,247	14,165	7,082
Zed' sever st	27,878	24,394	20,909	17,424	13,939	10,454	6,970	3,485
Okno sever	286,720	250,880	215,040	179,200	143,360	107,520	71,680	35,840
Zed' západ	136,451	119,394	102,338	85,282	68,225	51,169	34,113	17,056
Okno západ	112,000	98,000	84,000	70,000	56,000	42,000	28,000	14,000
Střecha	146,424	128,121	109,818	91,515	73,212	54,909	36,606	18,303

Tabulka I-93 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro zateplenou místnost 2.1. - část 1

Zateplená místnost 2.1.	Délka	Šířka	Výška	Objem vytápěného prostoru	Nejmenší hodnota výměny venkovního vzduchu za hodinu	Návrhová tepelná ztráta větráním při -12°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -20°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -15°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -10°C
	d [mm]	š [mm]	v [mm]	V [m ³]	n_{min} [hod ⁻¹]	$\Phi_{V,i,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-10}$ [W]
	1850	3375	2500	15,6094	0,5	166,702	208,378	182,330	156,283
	1950	1725	2500	8,4094					
	1000	2650	2500	6,6250					

Tabulka I-94 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro zateplenou místnost 2.1. - část 2 + zátopový tepelný výkon

Zateplená místnost 2.1.	Návrhová tepelná ztráta větráním při -5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 0°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 15°C	Zátopový tepelný výkon pro přerušované vytápěné prostory
	$\Phi_{V,i,iz,-5}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,15}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]
	130,236	104,189	78,142	52,094	26,047	134,833

Tabulka I-95 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro zateplenou místnost 2.1. - část 1

Zateplená místnost 2.1.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -12°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -20°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -15°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -5°C
	$\Phi_{HL,i,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-5}$ [W]
	914,441	1109,343	987,529	865,715	743,901

Tabulka I-96 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro zateplenou místnost 2.1. - část 2

Zateplená místnost 2.1.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 5°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 15°C
	$\Phi_{HL,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,15}$ [W]
	622,088	500,274	378,460	256,646

Q. Nezateplená místnost 2.2.

Tabulka I-97 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro nezateplenou místnost 2.2. – část 1

Nezateplená místnost 2.2.	Délka	Výška	Plocha stavební části	Plocha s ohledem na dveře a okna	Korekční činitel	Typ součinitele prostupu tepla	Součinitel prostupu tepla	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -12°C
	d [mm]	v [mm]	A_k' [m ²]	A_k [m ²]	f_k [-]		U_k [W/(m ² ·K)]	$\Phi_{T,i,j,nez,-12}$ [W]
Zed' sever	2650	2500	6,625	5,625	1	zed' 4	1,349	242,780
Zed' sever st I	1900	1096,966	1,042	1,042	1	zed' 4	1,349	44,979
Zed' sever II	750	433,013	0,162	0,162	1	zed' 4	1,349	7,008
Okno sever	1000	1000	1	1	1	okno	2,800	89,600
Střecha	2650	3050	9,333	9,333	1	střecha	0,259	77,241

Tabulka I-98 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro nezateplenou místnost 2.2. – část 2

Nezateplená místnost 2.2.	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -20°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -15°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 0°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 15°C
	$\Phi_{T,i,j,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,0}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,15}$ [W]
Zed' sever	303,475	265,541	227,607	189,672	151,738	113,803	75,869	37,934
Zed' sever st I	56,223	49,196	42,168	35,140	28,112	21,084	14,056	7,028
Zed' sever II	8,761	7,666	6,570	5,475	4,380	3,285	2,190	1,095
Okno sever	112,000	98,000	84,000	70,000	56,000	42,000	28,000	14,000
Střecha	96,551	84,482	72,413	60,344	48,276	36,207	24,138	12,069

Tabulka I-99 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro nezateplenou místnost 2.2. - část 1

Nezateplená místnost 2.2.	Délka	Šířka	Výška	Objem vytápěného prostoru	Nejmenší hodnota výměny venkovního vzduchu za hodinu	Návrhová tepelná ztráta větráním při -12°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -20°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -15°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -10°C
	d [mm]	š [mm]	v [mm]	V [m ³]	n_{min} [hod ⁻¹]	$\Phi_{V,i,nez,-12}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-10}$ [W]
	2350	2400	2500	14,1000	1,5	230,112	287,640	251,685	215,730

Tabulka I-100 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro nezateplenou místnost 2.2. - část 2 + zátopový tepelný výkon

Nezateplená místnost 2.2.	Návrhová tepelná ztráta větráním při -5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 0°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 15°C	Zátopový tepelný výkon pro přerušované vytápěné prostory
	$\Phi_{V,i,nez,-5}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,0}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,5}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,10}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,15}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]
	179,775	143,820	107,865	71,910	35,955	62,040

Tabulka I-101 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro nezateplenou místnost 2.2. - část 1

Nezateplená místnost 2.2.	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -12°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -20°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -15°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -10°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -5°C
	$\Phi_{HL,i,nez,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-5}$ [W]
	753,760	926,691	818,609	710,528	602,447

Tabulka I-102 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro nezateplenou místnost 2.2. - část 2

Nezateplená místnost 2.2.	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 5°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 15°C
	$\Phi_{HL,i,nez,0}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,5}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,15}$ [W]
	494,365	386,284	278,203	170,121

R. Zateplená místnost 2.2.

Tabulka I-103 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro zateplenou místnost 2.2. – část 1

Zateplená místnost 2.2.	Délka	Výška	Plocha stavební části	Plocha s ohledem na dveře a okna	Korekční činitel	Typ součinitele prostupu tepla	Součinitel prostupu tepla	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -12°C
	d [mm]	v [mm]	A_k' [m ²]	A_k [m ²]	f_k [-]		U_k [W/(m ² ·K)]	$\Phi_{T,i,j,iz,-12}$ [W]
Zed' sever	2650	2500	6,625	5,625	1	zed' 4	0,370	66,613
Zed' sever st I	1900	1096,966	1,042	1,042	1	zed' 4	0,370	12,341
Zed' sever II	750	433,013	0,162	0,162	1	zed' 4	0,370	1,923
Okno sever	1000	1000	1	1	1	okno	2,800	89,600
Střecha	2650	3050	9,333	9,333	1	střecha	0,259	77,241

Tabulka I-104 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro zateplenou místnost 2.2. – část 2

Zateplená místnost 2.2.	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -20°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -15°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 0°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 15°C
	$\Phi_{T,i,j,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,0}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,15}$ [W]
Zed' sever	83,266	72,857	62,449	52,041	41,633	31,225	20,816	10,408
Zed' sever st I	15,426	13,498	11,570	9,641	7,713	5,785	3,857	1,928
Zed' sever II	2,404	2,103	1,803	1,502	1,202	0,901	0,601	0,300
Okno sever	112,000	98,000	84,000	70,000	56,000	42,000	28,000	14,000
Střecha	96,551	84,482	72,413	60,344	48,276	36,207	24,138	12,069

Tabulka I-105 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro zateplenou místnost 2.2. - část 1

Zateplená místnost 2.2.	Délka	Šířka	Výška	Objem vytápěného prostoru	Nejmenší hodnota výměny venkovního vzduchu za hodinu	Návrhová tepelná ztráta větráním při -12°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -20°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -15°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -10°C
	d [mm]	š [mm]	v [mm]	V [m ³]	n_{min} [hod ⁻¹]	$\Phi_{V,i,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-10}$ [W]
	2350	2400	2500	14,1000	1,5	230,112	287,640	251,685	215,730

Tabulka I-106 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro zateplenou místnost 2.2. - část 2 + zátopový tepelný výkon

Zateplená místnost 2.2.	Návrhová tepelná ztráta větráním při -5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 0°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 15°C	Zátopový tepelný výkon pro přerušované vytápěné prostory
	$\Phi_{V,i,iz,-5}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,15}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]
	179,775	143,820	107,865	71,910	35,955	62,040

Tabulka I-107 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro zateplenou místnost 2.2. - část 1

Zateplená místnost 2.2.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -12°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -20°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -15°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -5°C
	$\Phi_{HL,i,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-5}$ [W]
	539,869	659,327	584,666	510,005	435,344

Tabulka I-108 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro zateplenou místnost 2.2. - část 2

Zateplená místnost 2.2.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 5°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 15°C
	$\Phi_{HL,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,15}$ [W]
	360,683	286,022	211,362	136,701

S. Nezateplená místnost 2.3.

Tabulka I-109 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro nezateplenou místnost 2.3. – část 1

Nezateplená místnost 2.3.	Délka	Výška	Plocha stavební části	Plocha s ohledem na dveře a okna	Korekční činitel	Typ součinitele prostupu tepla	Součinitel prostupu tepla	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -12°C
	d [mm]	v [mm]	A_k' [m ²]	A_k [m ²]	f_k [-]		U_k [W/(m ² ·K)]	$\Phi_{T,i,j,nez,-12}$ [W]
Zed' sever	3700	2500	9,25	6,69	1	zed' 2	1,365	292,259
Zed' sever st	3700	2136,196	3,952	3,952	1	zed' 2	1,365	172,645
Okno sever	1600	1600	2,56	2,56	1	okno	2,800	229,376
Zed' východ	4725	2500	11,813	11,813	1	zed' 2	1,365	516,041
Střecha	XXX	XXX	15,918	15,918	1	střecha	0,259	131,737

Tabulka I-110 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro nezateplenou místnost 2.3. – část 2

Nezateplená místnost 2.3.	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -20°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -15°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 0°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 15°C
	$\Phi_{T,i,j,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,0}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,15}$ [W]
Zed' sever	365,324	319,659	273,993	228,328	182,662	136,997	91,331	45,666
Zed' sever st	215,807	188,831	161,855	134,879	107,903	80,928	53,952	26,976
Okno sever	286,720	250,880	215,040	179,200	143,360	107,520	71,680	35,840
Zed' východ	645,051	564,420	483,788	403,157	322,526	241,894	161,263	80,631
Střecha	164,671	144,087	123,503	102,920	82,336	61,752	41,168	20,584

Tabulka I-111 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro nezateplenou místnost 2.3. - část 1

Nezateplená místnost 2.3.	Délka	Šířka	Výška	Objem vytápěného prostoru	Nejmenší hodnota výměny venkovního vzduchu za hodinu	Návrhová tepelná ztráta větráním při -12°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -20°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -15°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -10°C
	d [mm]	š [mm]	v [mm]	V [m ³]	n_{min} [hod ⁻¹]	$\Phi_{V,i,nez,-12}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-10}$ [W]
	3100	4125	2500	31,9688	0,5	187,476	234,345	205,052	175,759
700	1425	2500	2,4938						

Tabulka I-112 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro nezateplenou místnost 2.3. - část 2 + zátopový tepelný výkon

Nezateplená místnost 2.3.	Návrhová tepelná ztráta větráním při -5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 0°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 15°C	Zátopový tepelný výkon pro přerušovaně vytápěné prostory
	$\Phi_{V,i,nez,-5}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,0}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,5}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,10}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,15}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]
	146,466	117,173	87,879	58,586	29,293	151,635

Tabulka I-113 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro nezateplenou místnost 2.3. - část 1

Nezateplená místnost 2.3.	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -12°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -20°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -15°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -10°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -5°C
	$\Phi_{HL,i,nez,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-5}$ [W]
	1681,170	2063,554	1824,564	1585,574	1346,584

Tabulka I-114 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro nezateplenou místnost 2.3. - část 2

Nezateplená místnost 2.3.	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 5°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 15°C
	$\Phi_{HL,i,nez,0}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,5}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,15}$ [W]
	1107,594	868,604	629,615	390,625

T. Zateplená místnost 2.3.

Tabulka I-115 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro zateplenou místnost 2.3. – část 1

Zateplená místnost 2.3.	Délka	Výška	Plocha stavební části	Plocha s ohledem na dveře a okna	Korekční činitel	Typ součinitele prostupu tepla	Součinitel prostupu tepla	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -12°C
	d [mm]	v [mm]	A_k' [m ²]	A_k [m ²]	f_k [-]		U_k [W/(m ² ·K)]	$\Phi_{T,i,j,iz,-12}$ [W]
Zed' sever	3800	2500	9,5	6,94	1	zed' 2	0,371	82,457
Zed' sever st	3800	2193,931	4,168	4,168	1	zed' 2	0,371	49,527
Okno sever	1600	1600	2,56	2,56	1	okno	2,800	229,376
Zed' východ	4825	2500	12,063	12,063	1	zed' 2	0,371	143,319
Střecha	XXX	XXX	15,918	15,918	1	střecha	0,259	131,737

Tabulka I-116 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro zateplenou místnost 2.3. – část 2

Zateplená místnost 2.3.	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -20°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -15°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 0°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 15°C
	$\Phi_{T,i,j,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,0}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,15}$ [W]
Zed' sever	103,071	90,187	77,303	64,419	51,536	38,652	25,768	12,884
Zed' sever st	61,909	54,170	46,432	38,693	30,955	23,216	15,477	7,739
Okno sever	286,720	250,880	215,040	179,200	143,360	107,520	71,680	35,840
Zed' východ	179,149	156,756	134,362	111,968	89,575	67,181	44,787	22,394
Střecha	164,671	144,087	123,503	102,920	82,336	61,752	41,168	20,584

Tabulka I-117 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro zateplenou místnost 2.3. - část 1

Zateplená místnost 2.3.	Délka	Šířka	Výška	Objem vytápěného prostoru	Nejmenší hodnota výměny venkovního vzduchu za hodinu	Návrhová tepelná ztráta větráním při -12°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -20°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -15°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -10°C
	d [mm]	š [mm]	v [mm]	V [m ³]	n_{min} [hod ⁻¹]	$\Phi_{V,i,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-10}$ [W]
	3100	4125	2500	31,9688	0,5	187,476	234,345	205,052	175,759
700	1425	2500	2,4938						

Tabulka I-118 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro zateplenou místnost 2.3. - část 2 + zátopový tepelný výkon

Zateplená místnost 2.3.	Návrhová tepelná ztráta větráním při -5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 0°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 15°C	Zátopový tepelný výkon pro přerušované vytápěné prostory
	$\Phi_{V,i,iz,-5}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,15}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]
	146,466	117,173	87,879	58,586	29,293	151,635

Tabulka I-119 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro zateplenou místnost 2.3. - část 1

Zateplená místnost 2.3.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -12°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -20°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -15°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -5°C
	$\Phi_{HL,i,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-5}$ [W]
	975,528	1181,501	1052,768	924,034	795,301

Tabulka I-120 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro zateplenou místnost 2.3. - část 2

Zateplená místnost 2.3.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 5°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 15°C
	$\Phi_{HL,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,15}$ [W]
	666,568	537,835	409,101	280,368

U. Nezateplená místnost 2.4.

Tabulka I-121 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro nezateplenou místnost 2.4. – část 1

Nezateplená místnost 2.4.	Délka	Výška	Plocha stavební části	Plocha s ohledem na dveře a okna	Korekční činitel	Typ součinitele prostupu tepla	Součinitel prostupu tepla	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -12°C
	d [mm]	v [mm]	A_k' [m ²]	A_k [m ²]	f_k [-]		U_k [W/(m ² ·K)]	$\Phi_{T,i,j,nez,-12}$ [W]
Zed' jih	2925	2500	7,3125	4,7525	1	zed' 2	1,365	207,618
Zed' jih st	2925	1688,750	2,470	2,470	1	zed' 2	1,365	107,896
Okno jih	1600	1600	2,56	2,56	1	okno	2,800	229,376
Zed' východ	4875	2500	12,188	12,188	1	zed' 2	1,365	532,423
Střecha	XXX	XXX	12,372	12,372	1	střecha	0,259	102,392

Tabulka I-122 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro nezateplenou místnost 2.4. – část 2

Nezateplená místnost 2.4.	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -20°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -15°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 0°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 15°C
	$\Phi_{T,i,j,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,0}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,15}$ [W]
Zed' jih	259,522	227,082	194,642	162,201	129,761	97,321	64,881	32,440
Zed' jih st	134,869	118,011	101,152	84,293	67,435	50,576	33,717	16,859
Okno jih	286,720	250,880	215,040	179,200	143,360	107,520	71,680	35,840
Zed' východ	665,529	582,338	499,147	415,956	332,765	249,573	166,382	83,191
Střecha	127,991	111,992	95,993	79,994	63,995	47,996	31,998	15,999

Tabulka I-123 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro nezateplenou místnost 2.4. - část 1

Nezateplená místnost 2.4.	Délka	Šířka	Výška	Objem vytápěného prostoru	Nejmenší hodnota výměny venkovního vzduchu za hodinu	Návrhová tepelná ztráta větráním při -12°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -20°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -15°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -10°C
	d [mm]	š [mm]	v [mm]	V [m ³]	n_{min} [hod ⁻¹]	$\Phi_{V,i,nez,-12}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-10}$ [W]
	2325	3275	2500	19,0359	0,5	145,716	182,144	159,376	136,608
3100	1000	2500	7,7500						

Tabulka I-124 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro nezateplenou místnost 2.4. - část 2 + zátopový tepelný výkon

Nezateplená místnost 2.4.	Návrhová tepelná ztráta větráním při -5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 0°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 15°C	Zátopový tepelný výkon pro přerušované vytápěné prostory
	$\Phi_{V,i,nez,-5}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,0}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,5}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,10}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,15}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]
	113,840	91,072	68,304	45,536	22,768	117,858

Tabulka I-125 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro nezateplenou místnost 2.4. - část 1

Nezateplená místnost 2.4.	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -12°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -20°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -15°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -10°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -5°C
	$\Phi_{HL,i,nez,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-5}$ [W]
	1443,279	1774,634	1567,537	1360,440	1153,343

Tabulka I-126 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro nezateplenou místnost 2.4. - část 2

Nezateplená místnost 2.4.	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 5°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 15°C
	$\Phi_{HL,i,nez,0}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,5}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,15}$ [W]
	946,246	739,149	532,052	324,955

V. Zateplená místnost 2.4.

Tabulka I-127 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro zateplenou místnost 2.4. – část 1

Zateplená místnost 2.4.	Délka	Výška	Plocha stavební části	Plocha s ohledem na dveře a okna	Korekční činitel	Typ součinitele prostupu tepla	Součinitel prostupu tepla	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -12°C
	d [mm]	v [mm]	A_k' [m ²]	A_k [m ²]	f_k [-]		U_k [W/(m ² ·K)]	$\Phi_{T,i,j,-12}$ [W]
Zed' jih	3025	2500	7,5625	5,0025	1	zed' 2	0,371	59,437
Zed' jih st	3025	1746,485	2,642	2,642	1	zed' 2	0,371	31,385
Okno jih	1600	1600	2,56	2,56	1	okno	2,800	229,376
Zed' východ	4975	2500	12,438	12,438	1	zed' 2	0,371	147,775
Střecha	XXX	XXX	12,372	12,372	1	střecha	0,259	102,392

Tabulka I-128 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro zateplenou místnost 2.4. – část 2

Zateplená místnost 2.4.	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -20°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -15°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 0°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 15°C
	$\Phi_{T,i,j,-20}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,-15}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,-10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,-5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,0}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,15}$ [W]
Zed' jih	74,296	65,009	55,722	46,435	37,148	27,861	18,574	9,287
Zed' jih st	39,232	34,328	29,424	24,520	19,616	14,712	9,808	4,904
Okno jih	286,720	250,880	215,040	179,200	143,360	107,520	71,680	35,840
Zed' východ	184,719	161,629	138,539	115,449	92,359	69,270	46,180	23,090
Střecha	127,991	111,992	95,993	79,994	63,995	47,996	31,998	15,999

Tabulka I-129 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro zateplenou místnost 2.4. - část 1

Zateplená místnost 2.4.	Délka	Šířka	Výška	Objem vytápěného prostoru	Nejmenší hodnota výměny venkovního vzduchu za hodinu	Návrhová tepelná ztráta větráním při -12°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -20°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -15°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -10°C
	d [mm]	š [mm]	v [mm]	V [m ³]	n_{min} [hod ⁻¹]	$\Phi_{V,i,j,-12}$ [W]	$\Phi_{V,i,j,-20}$ [W]	$\Phi_{V,i,j,-15}$ [W]	$\Phi_{V,i,j,-10}$ [W]
	2325	3275	2500	19,0359	0,5	145,716	182,144	159,376	136,608
3100	1000	2500	7,7500						

Tabulka I-130 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro zateplenou místnost 2.4. - část 2 + zátopový tepelný výkon

Zateplená místnost 2.4.	Návrhová tepelná ztráta větráním při -5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 0°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 15°C	Zátopový tepelný výkon pro přerušované vytápěné prostory
	$\Phi_{V,i,iz,-5}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,15}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]
	113,840	91,072	68,304	45,536	22,768	117,858

Tabulka I-131 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro zateplenou místnost 2.4. - část 1

Zateplená místnost 2.4.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -12°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -20°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -15°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -5°C
	$\Phi_{HL,i,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-5}$ [W]
	833,939	1012,959	901,072	789,184	677,296

Tabulka I-132 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro zateplenou místnost 2.4. - část 2

Zateplená místnost 2.4.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 5°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 15°C
	$\Phi_{HL,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,15}$ [W]
	565,409	453,521	341,633	229,746

W. Nezateplená místnost 2.5.

Tabulka I-133 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro nezateplenou místnost 2.5. – část 1

Nezateplená místnost 2.5.	Délka	Výška	Plocha stavební části	Plocha s ohledem na dveře a okna	Korekční činitel	Typ součinitele prostupu tepla	Součinitel prostupu tepla	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -12°C
	d [mm]	v [mm]	A_k' [m ²]	A_k [m ²]	f_k [-]		U_k [W/(m ² ·K)]	$\Phi_{T,i,j,nez,-12}$ [W]
Zed' jih	2525	2500	6,313	3,753	1	zed' 2	1,365	163,932
Zed' jih st I	975	562,92	0,274	0,274	1	zed' 2	1,365	11,988
Zed' jih st II	1550	894,89	0,694	0,694	1	zed' 2	1,365	30,298
Okno jih	1600	1600	2,56	2,56	1	okno	2,800	229,376
Střecha	2525	3575	10,423	10,423	1	střecha	0,259	86,266

Tabulka I-134 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro nezateplenou místnost 2.5. – část 2

Nezateplená místnost 2.5.	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -20°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -15°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 0°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 15°C
	$\Phi_{T,i,j,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,0}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,15}$ [W]
Zed' jih	204,915	179,300	153,686	128,072	102,457	76,843	51,229	25,614
Zed' jih st I	14,985	13,112	11,239	9,366	7,493	5,620	3,746	1,873
Zed' jih st II	37,873	33,139	28,404	23,670	18,936	14,202	9,468	4,734
Okno jih	286,720	250,880	215,040	179,200	143,360	107,520	71,680	35,840
Střecha	107,832	94,353	80,874	67,395	53,916	40,437	26,958	13,479

Tabulka I-135 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro nezateplenou místnost 2.5. - část 1

Nezateplená místnost 2.5.	Délka	Šířka	Výška	Objem vytápěného prostoru	Nejmenší hodnota výměny venkovního vzduchu za hodinu	Návrhová tepelná ztráta větráním při -12°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -20°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -15°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -10°C
	d [mm]	š [mm]	v [mm]	V [m ³]	n_{min} [hod ⁻¹]	$\Phi_{V,i,nez,-12}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-10}$ [W]
	2225	2975	2500	16,5484	0,5	90,024	112,529	98,463	84,397

Tabulka I-136 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro nezateplenou místnost 2.5. - část 2 + zátopový tepelný výkon

Nezateplená místnost 2.5.	Návrhová tepelná ztráta větráním při -5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 0°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 15°C	Zátopový tepelný výkon pro přerušované vytápěné prostory
	$\Phi_{V,i,nez,-5}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,0}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,5}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,10}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,15}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]
	70,331	56,265	42,199	28,132	14,066	72,813

Tabulka I-137 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro nezateplenou místnost 2.5. - část 1

Nezateplená místnost 2.5.	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -12°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -20°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -15°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -10°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -5°C
	$\Phi_{HL,i,nez,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-5}$ [W]
	684,697	837,668	742,061	646,454	550,847

Tabulka I-138 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro zateplenou místnost 2.5. - část 2

Nezateplená místnost 2.5.	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 5°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 15°C
	$\Phi_{HL,i,nez,0}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,5}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,15}$ [W]
	455,240	359,634	264,027	168,420

X. Zateplená místnost 2.5.

Tabulka I-139 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro zateplenou místnost 2.5. – část 1

Zateplená místnost 2.5.	Délka	Výška	Plocha stavební části	Plocha s ohledem na dveře a okna	Korekční činitel	Typ součinitele prostupu tepla	Součinitel prostupu tepla	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -12°C
	d [mm]	v [mm]	A_k' [m ²]	A_k [m ²]	f_k [-]		U_k [W/(m ² ·K)]	$\Phi_{T,i,j,iz,-12}$ [W]
Zed' jih	2525	2500	6,313	3,753	1	zed' 2	0,371	44,585
Zed' jih st I	975	562,917	0,274	0,274	1	zed' 2	0,371	3,261
Zed' jih st II	1550	894,893	0,694	0,694	1	zed' 2	0,371	8,240
Okno jih	1600	1600	2,56	2,56	1	okno	2,800	229,376
Střecha	2525	3675	10,715	10,715	1	střecha	0,259	88,679

Tabulka I-140 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro zateplenou místnost 2.5. – část 2

Zateplená místnost 2.5.	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -20°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -15°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 0°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 15°C
	$\Phi_{T,i,j,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,0}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,15}$ [W]
Zed' jih	55,731	48,765	41,798	34,832	27,866	20,899	13,933	6,966
Zed' jih st I	4,076	3,566	3,057	2,547	2,038	1,528	1,019	0,509
Zed' jih st II	10,300	9,013	7,725	6,438	5,150	3,863	2,575	1,288
Okno jih	286,720	250,880	215,040	179,200	143,360	107,520	71,680	35,840
Střecha	110,849	96,992	83,136	69,280	55,424	41,568	27,712	13,856

Tabulka I-141 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro zateplenou místnost 2.5. - část 1

Zateplená místnost 2.5.	Délka	Šířka	Výška	Objem vytápěného prostoru	Nejmenší hodnota výměny venkovního vzduchu za hodinu	Návrhová tepelná ztráta větráním při -12°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -20°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -15°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -10°C
	d [mm]	š [mm]	v [mm]	V [m ³]	n_{min} [hod ⁻¹]	$\Phi_{V,i,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-10}$ [W]
	2225	2975	2500	16,5484	0,5	90,024	112,529	98,463	84,397

Tabulka I-142 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro zateplenou místnost 2.5. - část 2 + zátopový tepelný výkon

Zateplená místnost 2.5.	Návrhová tepelná ztráta větráním při -5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 0°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 15°C	Zátopový tepelný výkon pro přerušované vytápěné prostory
	$\Phi_{V,i,iz,-5}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,15}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]
	70,331	56,265	42,199	28,132	14,066	72,813

Tabulka I-143 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro zateplenou místnost 2.5. - část 1

Zateplená místnost 2.5.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -12°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -20°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -15°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -5°C
	$\Phi_{HL,i,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-5}$ [W]
	536,977	653,018	580,493	507,967	435,441

Tabulka I-144 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro zateplenou místnost 2.5. - část 2

Zateplená místnost 2.5.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 5°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 15°C
	$\Phi_{HL,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,15}$ [W]
	362,916	290,390	217,864	145,339

Y. Nezateplená místnost 2.6.

Tabulka I-145 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro nezateplenou místnost 2.6. – část 1

Nezateplená místnost 2.6.	Délka	Výška	Plocha stavební části	Plocha s ohledem na dveře a okna	Korekční činitel	Typ součinitele prostupu tepla	Součinitel prostupu tepla	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -12°C
	d [mm]	v [mm]	A_k' [m ²]	A_k [m ²]	f_k [-]		U_k [W/(m ² ·K)]	$\Phi_{T,i,j,nez,-12}$ [W]
Zed' jih	3350	2500	8,375	5,815	1	zed' 2	1,365	254,034
Zed' jih st	3350	1934	3,240	3,240	1	zed' 2	1,365	141,528
Okno jih	1600	1600	2,56	2,56	1	okno	2,800	229,376
Zed' východ	5625	2500	14,063	13,063	1	zed' 2	1,365	570,648
Okno východ	1000	1000	1	1	1	okno	2,800	89,600
Střecha	XXX	XXX	13,116	13,116	1	střecha	0,259	108,550

Tabulka I-146 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro nezateplenou místnost 2.6. – část 2

Nezateplená místnost 2.6.	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -20°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -15°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při -5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 0°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem pro plochu při 15°C
	$\Phi_{T,i,j,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,-5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,0}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,nez,15}$ [W]
Zed' jih	317,543	277,850	238,157	198,464	158,771	119,078	79,386	39,693
Zed' jih st	176,910	154,796	132,682	110,568	88,455	66,341	44,227	22,114
Okno jih	286,720	250,880	215,040	179,200	143,360	107,520	71,680	35,840
Zed' východ	713,311	624,147	534,983	445,819	356,655	267,491	178,328	89,164
Okno východ	112,000	98,000	84,000	70,000	56,000	42,000	28,000	14,000
Střecha	135,688	118,727	101,766	84,805	67,844	50,883	33,922	16,961

Tabulka I-147 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro nezateplenou místnost 2.6. - část 1

Nezateplená místnost 2.6.	Délka	Šířka	Výška	Objem vytápěného prostoru	Nejmenší hodnota výměny venkovního vzduchu za hodinu	Návrhová tepelná ztráta větráním při -12°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -20°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -15°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -10°C
	d [mm]	š [mm]	v [mm]	V [m ³]	n_{min} [hod ⁻¹]	$\Phi_{V,i,nez,-12}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,-10}$ [W]
	1550	5025	2500	19,4719	0,5	154,479	193,099	168,961	144,824
1200	2975	2500	8,9250						

Tabulka I-148 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro nezateplenou místnost 2.6. - část 2 + zátopový tepelný výkon

Nezateplená místnost 2.6.	Návrhová tepelná ztráta větráním při -5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 0°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 15°C	Zátopový tepelný výkon pro přerušované vytápěné prostory
	$\Phi_{V,i,nez,-5}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,0}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,5}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,10}$ [W]	$\Phi_{V,i,nez,15}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]
	120,687	96,549	72,412	48,275	24,137	124,946

Tabulka I-149 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro nezateplenou místnost 2.6. - část 1

Nezateplená místnost 2.6.	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -12°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -20°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -15°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -10°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při -5°C
	$\Phi_{HL,i,nez,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,-5}$ [W]
	1673,162	2060,216	1818,307	1576,399	1334,490

Tabulka I-150 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro nezateplenou místnost 2.6. - část 2

Nezateplená místnost 2.6.	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 5°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti nezatepleného objektu při 15°C
	$\Phi_{HL,i,nez,0}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,5}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,nez,15}$ [W]
	1092,581	850,672	608,764	366,855

Z. Zateplená místnost 2.6.

Tabulka I-151 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro zateplenou místnost 2.6. – část 1

Zateplená místnost 2.6.	Délka	Výška	Plocha stavební části	Plocha s ohledem na dveře a okna	Korekční činitel	Typ součinitele prostupu tepla	Součinitel prostupu tepla	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -12°C
	d [mm]	v [mm]	A_k' [m ²]	A_k [m ²]	f_k [-]		U_k [W/(m ² ·K)]	$\Phi_{T,i,j,iz,-12}$ [W]
Zed' jih	3450	2500	8,625	6,065	1	zed' 2	0,371	72,061
Zed' jih st	3450	1991,858	3,436	3,436	1	zed' 2	0,371	40,824
Okno jih	1600	1600	2,56	2,56	1	okno	2,800	229,376
Zed' východ	5725	2500	14,313	13,313	1	zed' 2	0,371	158,171
Okno východ	1000	1000	1	1	1	okno	2,800	89,600
Střecha	XXX	XXX	13,116	13,116	1	střecha	0,259	108,550

Tabulka I-152 - Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem pro zateplenou místnost 2.6. – část 2

Zateplená místnost 2.6.	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -20°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -15°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při -5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 0°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 5°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 10°C	Návrhová tepelná ztráta prostupem při 15°C
	$\Phi_{T,i,j,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,-5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,0}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,5}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,10}$ [W]	$\Phi_{T,i,j,iz,15}$ [W]
Zed' jih	90,076	78,816	67,557	56,297	45,038	33,778	22,519	11,259
Zed' jih st	51,030	44,651	38,272	31,894	25,515	19,136	12,757	6,379
Okno jih	286,720	250,880	215,040	179,200	143,360	107,520	71,680	35,840
Zed' východ	197,714	173,000	148,285	123,571	98,857	74,143	49,428	24,714
Okno východ	112,000	98,000	84,000	70,000	56,000	42,000	28,000	14,000
Střecha	135,688	118,727	101,766	84,805	67,844	50,883	33,922	16,961

Tabulka I-153 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro zateplenou místnost 2.6. - část 1

Zateplená místnost 2.6.	Délka	Šířka	Výška	Objem vytápěného prostoru	Nejmenší hodnota výměny venkovního vzduchu za hodinu	Návrhová tepelná ztráta větráním při -12°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -20°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -15°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při -10°C
	d [mm]	š [mm]	v [mm]	V [m ³]	n_{min} [hod ⁻¹]	$\Phi_{V,i,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,-10}$ [W]
	1550	5025	2500	19,4719	0,5	154,479	193,099	168,961	144,824
1200	2975	2500	8,9250						

Tabulka I-154 - Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním pro zateplenou místnost 2.6. - část 2 + zátopový tepelný výkon

Zateplená místnost 2.6.	Návrhová tepelná ztráta větráním při -5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 0°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 5°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 10°C	Návrhová tepelná ztráta větráním při 15°C	Zátopový tepelný výkon pro přerušované vytápěné prostory
	$\Phi_{V,i,iz,-5}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{V,i,iz,15}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]
	120,687	96,549	72,412	48,275	24,137	124,946

Tabulka I-155 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro zateplenou místnost 2.6. - část 1

Zateplená místnost 2.6.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -12°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -20°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -15°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při -5°C
	$\Phi_{HL,i,iz,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,-5}$ [W]
	978,008	1191,273	1057,982	924,691	791,400

Tabulka I-156 - Výpočet celkového tepelného výkonu pro zateplenou místnost 2.6. - část 2

Zateplená místnost 2.6.	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 0°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 5°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 10°C	Celkový tepelný výkon místnosti zatepleného objektu při 15°C
	$\Phi_{HL,i,iz,0}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,5}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,10}$ [W]	$\Phi_{HL,i,iz,15}$ [W]
	658,110	524,819	391,528	258,237

AA. Celková tepelná ztráta nezatepleného objektu

Tabulka I-157 - Celkový tepelné výkony budovy nezatepleného objektu - část 1

Celkový tepelný výkon budovy nezatepleného objektu při venkovní teplotě -12°C	Celkový tepelný výkon budovy nezatepleného objektu při venkovní teplotě -20°C	Celkový tepelný výkon budovy nezatepleného objektu při venkovní teplotě -15°C	Celkový tepelný výkon budovy nezatepleného objektu při venkovní teplotě -10°C	Celkový tepelný výkon budovy nezatepleného objektu při venkovní teplotě -5°C
$\Phi_{HL,nez,-12}$ [W]	$\Phi_{HL,nez,-20}$ [W]	$\Phi_{HL,nez,-15}$ [W]	$\Phi_{HL,nez,-10}$ [W]	$\Phi_{HL,nez,-5}$ [W]
19197,869	16996,439	15675,581	14795,009	12593,579

Tabulka I-158 - Celkový tepelné výkony budovy nezatepleného objektu - část 2

Celkový tepelný výkon budovy nezatepleného objektu při venkovní teplotě 0°C	Celkový tepelný výkon budovy nezatepleného objektu při venkovní teplotě 5°C	Celkový tepelný výkon budovy nezatepleného objektu při venkovní teplotě 10°C	Celkový tepelný výkon budovy nezatepleného objektu při venkovní teplotě 15°C
$\Phi_{HL,nez,0}$ [W]	$\Phi_{HL,nez,5}$ [W]	$\Phi_{HL,nez,10}$ [W]	$\Phi_{HL,nez,15}$ [W]
10392,149	8190,719	5989,289	3787,859

II. Výpočty na topení

A. Místnost 1.1.

Tabulka II-1 - Potřebný teplotní spád v topení v místnosti 1.1.

Místnost 1.1.	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 12°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 20°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 15°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 0°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 15°C
	$\Delta t_{i,-12}$ [°C]	$\Delta t_{i,-20}$ [°C]	$\Delta t_{i,-15}$ [°C]	$\Delta t_{i,-10}$ [°C]	$\Delta t_{i,-5}$ [°C]	$\Delta t_{i,-0}$ [°C]	$\Delta t_{i,5}$ [°C]	$\Delta t_{i,10}$ [°C]	$\Delta t_{i,15}$ [°C]
	4,867	6,003	5,293	4,584	3,874	3,164	2,454	1,745	1,035

Tabulka II-2 - Stanovení exponentu n v místnosti 1.1.

Místnost 1.1.	Radik Classic 11 MM 800x700	$t_{N,D}$ [°C]	$t_{N1,w1,i}$ [°C]	$t_{N1,w2,i}$ [°C]	$t_{N2,w1,i}$ [°C]	$t_{N2,w2,i}$ [°C]	$Q_{N1,i}$ [W]	$Q_{N2,i}$ [W]	$\Delta t_{N1,ln}$ [°C]	$\Delta t_{N2,ln}$ [°C]	n_i [-]
		20	90	70	55	45	1165	477	59,440	29,720	1,288

Tabulka II-3 - Stanovení exponentu z v místnosti 1.1.

Místnost 1.1.	Exponent z pro venkovní teplotu - 12°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 20°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 15°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 10°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 5°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 0°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 5°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 10°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 15°C
	$Z_{i,-12}$	$Z_{i,-20}$	$Z_{i,-15}$	$Z_{i,-10}$	$Z_{i,-5}$	$Z_{i,0}$	$Z_{i,5}$	$Z_{i,10}$	$Z_{i,15}$
	0,171	0,179	0,174	0,169	0,162	0,155	0,147	0,136	0,121

Tabulka II-4 - Teplota v radiátorech na vstupu a na výstupu v místnosti 1.1.

Místnost 1.1.	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 12°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 20°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 15°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 0°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 15°C
	$t_{w1,i,T}$ [°C]	$t_{w1,i,T}$ [°C]	$t_{w1,i,T}$ [°C]	$t_{w1,i,T}$ [°C]	$t_{w1,i,T}$ [°C]	$t_{w1,i,T}$ [°C]	$t_{w1,i,T}$ [°C]	$t_{w1,i,T}$ [°C]	$t_{w1,i,T}$ [°C]
	50,999	56,625	53,137	49,554	45,857	42,021	38,005	33,742	29,095
$t_{w2,i,T}$ [°C]	$t_{w2,i,T}$ [°C]	$t_{w2,i,T}$ [°C]	$t_{w2,i,T}$ [°C]	$t_{w2,i,T}$ [°C]	$t_{w2,i,T}$ [°C]	$t_{w2,i,T}$ [°C]	$t_{w2,i,T}$ [°C]	$t_{w2,i,T}$ [°C]	$t_{w2,i,T}$ [°C]
	46,132	50,622	47,843	44,970	41,983	38,857	35,551	31,997	28,060

B. Místnost 1.2.

Tabulka II-5 - Potřebný teplotní spád v topení v místnosti 1.2.

Místnost 1.2.	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 12°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 20°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 15°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 0°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 5°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 10°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 15°C
	$\Delta t_{i,-12}$ [°C]	$\Delta t_{i,-20}$ [°C]	$\Delta t_{i,-15}$ [°C]	$\Delta t_{i,-10}$ [°C]	$\Delta t_{i,-5}$ [°C]	$\Delta t_{i,-0}$ [°C]	$\Delta t_{i,5}$ [°C]	$\Delta t_{i,10}$ [°C]	$\Delta t_{i,15}$ [°C]
	5,143	6,296	5,576	4,855	4,134	3,413	2,692	1,972	1,251

Tabulka II-6 - Stanovení exponentu n v místnosti 1.2.

Místnost 1.2.	Radik Clasic 10 VK Z 1000x600	$t_{N,D}$ [°C]	$t_{N1,w1,i}$ [°C]	$t_{N1,w2,i}$ [°C]	$t_{N2,w1,i}$ [°C]	$t_{N2,w2,i}$ [°C]	$Q_{N1,i}$ [W]	$Q_{N2,i}$ [W]	$\Delta t_{N1,ln}$ [°C]	$\Delta t_{N2,ln}$ [°C]	n_i [-]
		20	90	70	55	45	765	312	59,440	29,720	1,294

Tabulka II-7 - Stanovení exponentu z v místnosti 1.2.

Místnost 1.2.	Exponent z pro venkovní teplotu - 12°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 20°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 15°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 10°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 5°C	Exponent z pro venkovní teplotu 0°C	Exponent z pro venkovní teplotu 5°C	Exponent z pro venkovní teplotu 10°C	Exponent z pro venkovní teplotu 15°C
	$Z_{i,-12}$	$Z_{i,-20}$	$Z_{i,-15}$	$Z_{i,-10}$	$Z_{i,-5}$	$Z_{i,0}$	$Z_{i,5}$	$Z_{i,10}$	$Z_{i,15}$
	0,173	0,181	0,176	0,170	0,164	0,157	0,149	0,139	0,125

Tabulka II-8 - Teplota v radiátorech na vstupu a na výstupu v místnosti 1.2.

Místnost 1.2.	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 12°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 20°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 15°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 0°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 5°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 10°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 15°C
	$t_{w1,i,T}$ [°C]	$t_{w2,i,T}$ [°C]	$t_{w3,i,T}$ [°C]	$t_{w4,i,T}$ [°C]	$t_{w5,i,T}$ [°C]	$t_{w6,i,T}$ [°C]	$t_{w7,i,T}$ [°C]	$t_{w8,i,T}$ [°C]	$t_{w9,i,T}$ [°C]
	52,454	58,096	54,597	51,005	47,302	43,464	39,456	35,216	30,634
47,311	51,800	49,021	46,150	43,168	40,051	36,763	33,245	29,383	

C. Místnost 1.3.

Tabulka II-9 - - Potřebný teplotní spád v topení v místnosti 1.3.

Místnost 1.3.	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 12°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 20°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 15°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 0°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 5°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 10°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 15°C
	$\Delta t_{i,-12}$ [°C]	$\Delta t_{i,-20}$ [°C]	$\Delta t_{i,-15}$ [°C]	$\Delta t_{i,-10}$ [°C]	$\Delta t_{i,-5}$ [°C]	$\Delta t_{i,-0}$ [°C]	$\Delta t_{i,5}$ [°C]	$\Delta t_{i,10}$ [°C]	$\Delta t_{i,15}$ [°C]
	5,933	7,041	6,348	5,656	4,963	4,270	3,578	2,885	2,192

Tabulka II-10 - Stanovení exponentu n v místnosti 1.3.

Místnost 1.3.	Radik Classic 11 MM 1600x500	$t_{N,D}$ [°C]	$t_{N1,w1,i}$ [°C]	$t_{N1,w2,i}$ [°C]	$t_{N2,w1,i}$ [°C]	$t_{N2,w2,i}$ [°C]	$Q_{N1,i}$ [W]	$Q_{N2,i}$ [W]	$\Delta t_{N1,ln}$ [°C]	$\Delta t_{N2,ln}$ [°C]	n_i [-]
		20	90	70	55	45	1769	731	59,440	29,720	1,275

Tabulka II-11 - Stanovení exponentu z v místnosti 1.3.

Místnost 1.3.	Exponent z pro venkovní teplotu - 12°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 20°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 15°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 10°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 5°C	Exponent z pro venkovní teplotu 0°C	Exponent z pro venkovní teplotu 5°C	Exponent z pro venkovní teplotu 10°C	Exponent z pro venkovní teplotu 15°C
	$Z_{i,-12}$	$Z_{i,-20}$	$Z_{i,-15}$	$Z_{i,-10}$	$Z_{i,-5}$	$Z_{i,0}$	$Z_{i,5}$	$Z_{i,10}$	$Z_{i,15}$
	0,179	0,186	0,182	0,177	0,173	0,167	0,161	0,153	0,145

Tabulka II-12 - Teplota v radiátorech na vstupu a na výstupu v místnosti 1.3.

Místnost 1.3.	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 12°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 20°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 15°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 0°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 5°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 10°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 15°C	
	$t_{w1,i,T}$ [°C]	56,143	61,475	58,163	54,781	51,319	47,761	44,089	40,276	36,277
	$t_{w2,i,T}$ [°C]	50,210	54,434	51,815	49,126	46,356	43,491	40,512	37,391	34,085

D. Místnost 1.4.

Tabulka II-13 - Potřebný teplotní spád v topení v místnosti 1.4.

Místnost 1.4.	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 12°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 20°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 15°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 0°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 15°C
	$\Delta t_{i,-12}$ [°C]	$\Delta t_{i,-20}$ [°C]	$\Delta t_{i,-15}$ [°C]	$\Delta t_{i,-10}$ [°C]	$\Delta t_{i,-5}$ [°C]	$\Delta t_{i,-0}$ [°C]	$\Delta t_{i,5}$ [°C]	$\Delta t_{i,10}$ [°C]	$\Delta t_{i,15}$ [°C]
	5,141	6,349	5,594	4,840	4,085	3,330	2,576	1,821	1,067

Tabulka II-14 - Stanovení exponentu n v místnosti 1.4.

Místnost 1.4.	Radik Classic 11 MM 1000x600	$t_{N,D}$ [°C]	$t_{N1,w1,i}$ [°C]	$t_{N1,w2,i}$ [°C]	$t_{N2,w1,i}$ [°C]	$t_{N2,w2,i}$ [°C]	$Q_{N1,i}$ [W]	$Q_{N2,i}$ [W]	$\Delta t_{N1,ln}$ [°C]	$\Delta t_{N2,ln}$ [°C]	n_i [-]
		20	90	70	55	45	1285	528	59,440	29,720	1,283

Tabulka II-15 - Stanovení exponentu z v místnosti 1.4.

Místnost 1.4.	Exponent z pro venkovní teplotu - 12°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 20°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 15°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 10°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 5°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 0°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 5°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 10°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 15°C
	$Z_{i,-12}$	$Z_{i,-20}$	$Z_{i,-15}$	$Z_{i,-10}$	$Z_{i,-5}$	$Z_{i,0}$	$Z_{i,5}$	$Z_{i,10}$	$Z_{i,15}$
	0,173	0,182	0,177	0,171	0,165	0,157	0,149	0,138	0,122

Tabulka II-16 - Teplota v radiátorech na vstupu a na výstupu v místnosti 1.4.

Místnost 1.4.	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 12°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 20°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 15°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 0°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 15°C
	$t_{w1,i,T}$ [°C]	$t_{w1,i,T}$ [°C]	$t_{w1,i,T}$ [°C]	$t_{w1,i,T}$ [°C]	$t_{w1,i,T}$ [°C]	$t_{w1,i,T}$ [°C]	$t_{w1,i,T}$ [°C]	$t_{w1,i,T}$ [°C]	$t_{w1,i,T}$ [°C]
	52,317	58,244	54,569	50,795	46,902	42,863	38,636	34,149	29,256
$t_{w2,i,T}$ [°C]	$t_{w2,i,T}$ [°C]	$t_{w2,i,T}$ [°C]	$t_{w2,i,T}$ [°C]	$t_{w2,i,T}$ [°C]	$t_{w2,i,T}$ [°C]	$t_{w2,i,T}$ [°C]	$t_{w2,i,T}$ [°C]	$t_{w2,i,T}$ [°C]	
47,176	51,895	48,975	45,955	42,817	39,532	36,060	32,327	28,189	

E. Místnost 1.5.

Tabulka II-17 - Potřebný teplotní spád v topení v místnosti 1.5.

Místnost 1.5.	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 12°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 20°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 15°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 0°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 5°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 10°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 15°C
	$\Delta t_{i,-12}$ [°C]	$\Delta t_{i,-20}$ [°C]	$\Delta t_{i,-15}$ [°C]	$\Delta t_{i,-10}$ [°C]	$\Delta t_{i,-5}$ [°C]	$\Delta t_{i,-0}$ [°C]	$\Delta t_{i,5}$ [°C]	$\Delta t_{i,10}$ [°C]	$\Delta t_{i,15}$ [°C]
	2,523	3,066	2,726	2,387	2,047	1,708	1,369	1,029	0,690

Tabulka II-18 - Stanovení exponentu n v místnosti 1.5.

Místnost 1.5.	Radik Classic 11 MM 500x400	$t_{N,D}$ [°C]	$t_{N1,w1,i}$ [°C]	$t_{N1,w2,i}$ [°C]	$t_{N2,w1,i}$ [°C]	$t_{N2,w2,i}$ [°C]	$Q_{N1,i}$ [W]	$Q_{N2,i}$ [W]	$\Delta t_{N1,ln}$ [°C]	$\Delta t_{N2,ln}$ [°C]	n_i [-]
		20	90	70	55	45	459	190	59,440	29,720	1,272

Tabulka II-19 - Stanovení exponentu z v místnosti 1.5.

Místnost 1.5.	Exponent z pro venkovní teplotu - 12°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 20°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 15°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 10°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 5°C	Exponent z pro venkovní teplotu 0°C	Exponent z pro venkovní teplotu 5°C	Exponent z pro venkovní teplotu 10°C	Exponent z pro venkovní teplotu 15°C
	$Z_{i,-12}$	$Z_{i,-20}$	$Z_{i,-15}$	$Z_{i,-10}$	$Z_{i,-5}$	$Z_{i,0}$	$Z_{i,5}$	$Z_{i,10}$	$Z_{i,15}$
	0,149	0,156	0,152	0,148	0,143	0,137	0,131	0,123	0,113

Tabulka II-20 - Teplota v radiátorech na vstupu a na výstupu v místnosti 1.5.

Místnost 1.5.	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 12°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 20°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 15°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 0°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 5°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 10°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 15°C	
	$t_{w1,i,T}$ [°C]	38,175	41,251	39,342	37,387	35,377	33,300	31,140	28,871	26,446
	$t_{w2,i,T}$ [°C]	35,653	38,185	36,616	35,001	33,330	31,592	29,772	27,842	25,756

F. Místnost 1.6.

Tabulka II-21 - Potřebný teplotní spád v topení v místnosti 1.6.

Místnost 1.6.	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 12°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 20°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 15°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 0°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 5°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 10°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 15°C
	$\Delta t_{i,-12}$ [°C]	$\Delta t_{i,-20}$ [°C]	$\Delta t_{i,-15}$ [°C]	$\Delta t_{i,-10}$ [°C]	$\Delta t_{i,-5}$ [°C]	$\Delta t_{i,-0}$ [°C]	$\Delta t_{i,5}$ [°C]	$\Delta t_{i,10}$ [°C]	$\Delta t_{i,15}$ [°C]
	3,753	4,429	4,007	3,584	3,162	2,740	2,317	1,895	1,473

Tabulka II-22 - Stanovení exponentu n v místnosti 1.6.

Místnost 1.6.	Radik Classic 11 MM 900x600	$t_{N,D}$ [°C]	$t_{N1,w1,i}$ [°C]	$t_{N1,w2,i}$ [°C]	$t_{N2,w1,i}$ [°C]	$t_{N2,w2,i}$ [°C]	$Q_{N1,i}$ [W]	$Q_{N2,i}$ [W]	$\Delta t_{N1,ln}$ [°C]	$\Delta t_{N2,ln}$ [°C]	n_i [-]
		20	90	70	55	45	1156	476	59,440	29,720	1,280

Tabulka II-23 - Stanovení exponentu z v místnosti 1.6.

Místnost 1.6.	Exponent z pro venkovní teplotu - 12°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 20°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 15°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 10°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 5°C	Exponent z pro venkovní teplotu 0°C	Exponent z pro venkovní teplotu 5°C	Exponent z pro venkovní teplotu 10°C	Exponent z pro venkovní teplotu 15°C
	$Z_{i,-12}$	$Z_{i,-20}$	$Z_{i,-15}$	$Z_{i,-10}$	$Z_{i,-5}$	$Z_{i,0}$	$Z_{i,5}$	$Z_{i,10}$	$Z_{i,15}$
	0,162	0,168	0,164	0,160	0,156	0,151	0,146	0,139	0,132

Tabulka II-24 - Teplota v radiátorech na vstupu a na výstupu v místnosti 1.6.

Místnost 1.6.	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 12°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 20°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 15°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 0°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 5°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 10°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 15°C	
	$t_{w1,i,T}$ [°C]	45,104	48,653	46,448	44,198	41,894	39,529	37,089	34,559	31,913
	$t_{w2,i,T}$ [°C]	41,351	44,224	42,442	40,613	38,732	36,789	34,772	32,664	30,440

G. Místnost 1.7.

Tabulka II-25 - Potřebný teplotní spád v topení v místnosti 1.7.

Místnost 1.7.	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 12°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 20°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 15°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 0°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 5°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 10°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 15°C
	$\Delta t_{i,-12}$ [°C]	$\Delta t_{i,-20}$ [°C]	$\Delta t_{i,-15}$ [°C]	$\Delta t_{i,-10}$ [°C]	$\Delta t_{i,-5}$ [°C]	$\Delta t_{i,-0}$ [°C]	$\Delta t_{i,5}$ [°C]	$\Delta t_{i,10}$ [°C]	$\Delta t_{i,15}$ [°C]
	4,946	5,935	5,317	4,699	4,081	3,463	2,845	2,227	1,610

Tabulka II-26 - Stanovení exponentu n v místnosti 1.7.

Místnost 1.7.	Radik Classic 21 MM 1800x700	$t_{N,D}$ [°C]	$t_{N1,w1,i}$ [°C]	$t_{N1,w2,i}$ [°C]	$t_{N2,w1,i}$ [°C]	$t_{N2,w2,i}$ [°C]	$Q_{N1,i}$ [W]	$Q_{N2,i}$ [W]	$\Delta t_{N1,ln}$ [°C]	$\Delta t_{N2,ln}$ [°C]	n_i [-]
		20	90	70	55	45	3310	1313	59,440	29,720	1,334

Tabulka II-27 - Stanovení exponentu z v místnosti 1.7.

Místnost 1.7.	Exponent z pro venkovní teplotu - 12°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 20°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 15°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 10°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 5°C	Exponent z pro venkovní teplotu 0°C	Exponent z pro venkovní teplotu 5°C	Exponent z pro venkovní teplotu 10°C	Exponent z pro venkovní teplotu 15°C
	$Z_{i,-12}$	$Z_{i,-20}$	$Z_{i,-15}$	$Z_{i,-10}$	$Z_{i,-5}$	$Z_{i,0}$	$Z_{i,5}$	$Z_{i,10}$	$Z_{i,15}$
	0,168	0,176	0,171	0,166	0,160	0,154	0,146	0,138	0,127

Tabulka II-28 - Teplota v radiátorech na vstupu a na výstupu v místnosti 1.7.

Místnost 1.7.	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 12°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 20°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 15°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 0°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 5°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 10°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 15°C	
	$t_{w1,i,T}$ [°C]	51,940	56,755	53,769	50,704	47,547	44,281	40,880	37,305	33,493
	$t_{w2,i,T}$ [°C]	46,994	50,820	48,452	46,005	43,466	40,818	38,034	35,078	31,884

H. Místnost 2.1.

Tabulka II-29 - Potřebný teplotní spád v topení v místnosti 2.1.

Místnost 2.1.	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 12°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 20°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 15°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 0°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 5°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 10°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 15°C
	$\Delta t_{i,-12}$ [°C]	$\Delta t_{i,-20}$ [°C]	$\Delta t_{i,-15}$ [°C]	$\Delta t_{i,-10}$ [°C]	$\Delta t_{i,-5}$ [°C]	$\Delta t_{i,-0}$ [°C]	$\Delta t_{i,5}$ [°C]	$\Delta t_{i,10}$ [°C]	$\Delta t_{i,15}$ [°C]
	5,283	6,409	5,705	5,001	4,298	3,594	2,890	2,186	1,483

Tabulka II-30 - Stanovení exponentu n v místnosti 2.1.

Místnost 2.1.	Radik Classic 21 MM 1000x900	$t_{N,D}$ [°C]	$t_{N1,w1,i}$ [°C]	$t_{N1,w2,i}$ [°C]	$t_{N2,w1,i}$ [°C]	$t_{N2,w2,i}$ [°C]	$Q_{N1,i}$ [W]	$Q_{N2,i}$ [W]	$\Delta t_{N1,ln}$ [°C]	$\Delta t_{N2,ln}$ [°C]	n_i [-]
		20	90	70	55	45	2215	868	59,440	29,720	1,352

Tabulka II-31 - Stanovení exponentu z v místnosti 2.1.

Místnost 2.1.	Exponent z pro venkovní teplotu - 12°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 20°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 15°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 10°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 5°C	Exponent z pro venkovní teplotu 0°C	Exponent z pro venkovní teplotu 5°C	Exponent z pro venkovní teplotu 10°C	Exponent z pro venkovní teplotu 15°C
	$Z_{i,-12}$	$Z_{i,-20}$	$Z_{i,-15}$	$Z_{i,-10}$	$Z_{i,-5}$	$Z_{i,0}$	$Z_{i,5}$	$Z_{i,10}$	$Z_{i,15}$
	0,170	0,179	0,173	0,168	0,161	0,154	0,145	0,135	0,122

Tabulka II-32 - Teplota v radiátorech na vstupu a na výstupu v místnosti 2.1.

Místnost 2.1.	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 12°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 20°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 15°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 0°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 5°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 10°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 15°C
	$t_{w1,i,T}$ [°C]	53,795	59,154	55,833	52,415	48,883	45,214	41,371	37,298
$t_{w2,i,T}$ [°C]	48,512	52,746	50,128	47,414	44,586	41,620	38,480	35,111	31,412

I. Místnost 2.2.

Tabulka II-33 - - Potřebný teplotní spád v topení v místnosti 2.2.

Místnost 2.2.	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 12°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 20°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 15°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 0°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 5°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 10°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 15°C
	$\Delta t_{i,-12}$ [°C]	$\Delta t_{i,-20}$ [°C]	$\Delta t_{i,-15}$ [°C]	$\Delta t_{i,-10}$ [°C]	$\Delta t_{i,-5}$ [°C]	$\Delta t_{i,-0}$ [°C]	$\Delta t_{i,5}$ [°C]	$\Delta t_{i,10}$ [°C]	$\Delta t_{i,15}$ [°C]
	5,606	6,847	6,071	5,296	4,521	3,745	2,970	2,195	1,420

Tabulka II-34 - Stanovení exponentu n v místnosti 2.2.

Místnost 2.2.	Radik Clasic 10 VK Z 1100x900	$t_{N,D}$ [°C]	$t_{N1,w1,i}$ [°C]	$t_{N1,w2,i}$ [°C]	$t_{N2,w1,i}$ [°C]	$t_{N2,w2,i}$ [°C]	$Q_{N1,i}$ [W]	$Q_{N2,i}$ [W]	$\Delta t_{N1,ln}$ [°C]	$\Delta t_{N2,ln}$ [°C]	n_i [-]
		20	90	70	55	45	1222	493	59,440	29,720	1,310

Tabulka II-35 - Stanovení exponentu z v místnosti 2.2.

Místnost 2.2.	Exponent z pro venkovní teplotu - 12°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 20°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 15°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 10°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 5°C	Exponent z pro venkovní teplotu 0°C	Exponent z pro venkovní teplotu 5°C	Exponent z pro venkovní teplotu 10°C	Exponent z pro venkovní teplotu 15°C
	$Z_{i,-12}$	$Z_{i,-20}$	$Z_{i,-15}$	$Z_{i,-10}$	$Z_{i,-5}$	$Z_{i,0}$	$Z_{i,5}$	$Z_{i,10}$	$Z_{i,15}$
	0,175	0,183	0,178	0,173	0,166	0,159	0,151	0,140	0,126

Tabulka II-36 - Teplota v radiátorech na vstupu a na výstupu v místnosti 2.2.

Místnost 2.2.	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 12°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 20°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 15°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 0°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 5°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 10°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 15°C								
	$t_{w1,i,T}$ [°C]	$t_{w2,i,T}$ [°C]	$t_{w3,i,T}$ [°C]	$t_{w4,i,T}$ [°C]	$t_{w5,i,T}$ [°C]	$t_{w6,i,T}$ [°C]	$t_{w7,i,T}$ [°C]	$t_{w8,i,T}$ [°C]	$t_{w9,i,T}$ [°C]								
	54,918	49,311	60,843	53,996	57,169	51,098	53,395	48,099	49,502	44,981	45,464	41,719	41,243	38,273	36,776	34,582	31,947

J. Místnost 2.3.

Tabulka II-37 - Potřebný teplotní spád v topení v místnosti 2.3.

Místnost 2.3.	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 12°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 20°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 15°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 0°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 15°C
	$\Delta t_{i,-12}$ [°C]	$\Delta t_{i,-20}$ [°C]	$\Delta t_{i,-15}$ [°C]	$\Delta t_{i,-10}$ [°C]	$\Delta t_{i,-5}$ [°C]	$\Delta t_{i,-0}$ [°C]	$\Delta t_{i,5}$ [°C]	$\Delta t_{i,10}$ [°C]	$\Delta t_{i,15}$ [°C]
	4,238	5,132	4,573	4,014	3,455	2,896	2,336	1,777	1,218

Tabulka II-38 - Stanovení exponentu n v místnosti 2.3.

Místnost 2.3.	Radik Classic 11 MM 2000x700	$t_{N,D}$ [°C]	$t_{N1,w1,i}$ [°C]	$t_{N1,w2,i}$ [°C]	$t_{N2,w1,i}$ [°C]	$t_{N2,w2,i}$ [°C]	$Q_{N1,i}$ [W]	$Q_{N2,i}$ [W]	$\Delta t_{N1,ln}$ [°C]	$\Delta t_{N2,ln}$ [°C]	n_i [-]
		20	90	70	55	45	2911	1192	59,440	29,720	1,288

Tabulka II-39 - Stanovení exponentu z v místnosti 2.3.

Místnost 2.3.	Exponent z pro venkovní teplotu - 12°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 20°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 15°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 10°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 5°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 0°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 5°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 10°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 15°C
	$Z_{i,-12}$	$Z_{i,-20}$	$Z_{i,-15}$	$Z_{i,-10}$	$Z_{i,-5}$	$Z_{i,0}$	$Z_{i,5}$	$Z_{i,10}$	$Z_{i,15}$
	0,166	0,173	0,168	0,164	0,158	0,152	0,145	0,136	0,125

Tabulka II-40 - Teplota v radiátorech na vstupu a na výstupu v místnosti 2.3.

Místnost 2.3.	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 12°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 20°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 15°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 0°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 15°C								
	$t_{w1,i,T}$ [°C]	$t_{w2,i,T}$ [°C]	$t_{w3,i,T}$ [°C]	$t_{w4,i,T}$ [°C]	$t_{w5,i,T}$ [°C]	$t_{w6,i,T}$ [°C]	$t_{w7,i,T}$ [°C]	$t_{w8,i,T}$ [°C]	$t_{w9,i,T}$ [°C]								
	47,766	43,529	52,332	47,200	49,499	44,926	46,596	42,582	43,610	40,155	40,524	37,628	37,314	34,978	33,942	32,165	30,342

K. Místnost 2.4.

Tabulka II-41 - Potřebný teplotní spád v topení v místnosti 2.4.

Místnost 2.4.	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 12°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 20°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 15°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 0°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 15°C
	$\Delta t_{i,-12}$ [°C]	$\Delta t_{i,-20}$ [°C]	$\Delta t_{i,-15}$ [°C]	$\Delta t_{i,-10}$ [°C]	$\Delta t_{i,-5}$ [°C]	$\Delta t_{i,-0}$ [°C]	$\Delta t_{i,5}$ [°C]	$\Delta t_{i,10}$ [°C]	$\Delta t_{i,15}$ [°C]
	4,025	4,889	4,349	3,809	3,269	2,729	2,189	1,649	1,109

Tabulka II-42 - Stanovení exponentu n v místnosti 2.4.

Místnost 2.4.	Radik Classic 11 MM 1800x700	$t_{N,D}$ [°C]	$t_{N1,w1,i}$ [°C]	$t_{N1,w2,i}$ [°C]	$t_{N2,w1,i}$ [°C]	$t_{N2,w2,i}$ [°C]	$Q_{N1,i}$ [W]	$Q_{N2,i}$ [W]	$\Delta t_{N1,ln}$ [°C]	$\Delta t_{N2,ln}$ [°C]	n_i [-]
		20	90	70	55	45	2620	1073	59,440	29,720	1,288

Tabulka II-43 - Stanovení exponentu z v místnosti 2.4.

Místnost 2.4.	Exponent z pro venkovní teplotu - 12°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 20°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 15°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 10°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 5°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 0°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 5°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 10°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 15°C
	$Z_{i,-12}$	$Z_{i,-20}$	$Z_{i,-15}$	$Z_{i,-10}$	$Z_{i,-5}$	$Z_{i,0}$	$Z_{i,5}$	$Z_{i,10}$	$Z_{i,15}$
	0,164	0,171	0,167	0,162	0,156	0,150	0,143	0,134	0,123

Tabulka II-44 - Teplota v radiátorech na vstupu a na výstupu v místnosti 2.4.

Místnost 2.4.	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 12°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 20°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 15°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 0°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 15°C	
	$t_{w1,i,T}$ [°C]	46,650	51,103	48,340	45,507	42,592	39,578	36,439	33,137	29,600
	$t_{w2,i,T}$ [°C]	42,625	46,214	43,991	41,699	39,323	36,849	34,250	31,488	28,491

L. Místnost 2.5.

Tabulka II-45 - Potřebný teplotní spád v topení v místnosti 2.5.

Místnost 2.5.	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 12°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 20°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 15°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 0°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 5°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 10°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu 15°C
	$\Delta t_{i,-12}$ [°C]	$\Delta t_{i,-20}$ [°C]	$\Delta t_{i,-15}$ [°C]	$\Delta t_{i,-10}$ [°C]	$\Delta t_{i,-5}$ [°C]	$\Delta t_{i,-0}$ [°C]	$\Delta t_{i,5}$ [°C]	$\Delta t_{i,10}$ [°C]	$\Delta t_{i,15}$ [°C]
	6,144	7,472	6,642	5,812	4,982	4,152	3,323	2,493	1,663

Tabulka II-46 - Stanovení exponentu n v místnosti 2.5.

Místnost 2.5.	Radik Classic 11 MM 1200x400	$t_{N,D}$ [°C]	$t_{N1,w1,i}$ [°C]	$t_{N1,w2,i}$ [°C]	$t_{N2,w1,i}$ [°C]	$t_{N2,w2,i}$ [°C]	$Q_{N1,i}$ [W]	$Q_{N2,i}$ [W]	$\Delta t_{N1,ln}$ [°C]	$\Delta t_{N2,ln}$ [°C]	n_i [-]
		20	90	70	55	45	1101	457	59,440	29,720	1,269

Tabulka II-47 - Stanovení exponentu z v místnosti 2.5.

Místnost 2.5.	Exponent z pro venkovní teplotu - 12°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 20°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 15°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 10°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 5°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 0°C	Exponent z pro venkovní teplotu 5°C	Exponent z pro venkovní teplotu 10°C	Exponent z pro venkovní teplotu 15°C
	$Z_{i,-12}$	$Z_{i,-20}$	$Z_{i,-15}$	$Z_{i,-10}$	$Z_{i,-5}$	$Z_{i,0}$	$Z_{i,5}$	$Z_{i,10}$	$Z_{i,15}$
	0,181	0,189	0,184	0,179	0,173	0,167	0,159	0,150	0,137

Tabulka II-48 - - Teplota v radiátorech na vstupu a na výstupu v místnosti 2.5.

Místnost 2.5.	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 12°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 20°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 15°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 0°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 5°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 10°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu 15°C
	$t_{w1,i,T}$ [°C]	57,107	63,456	59,516	55,481	51,336	47,058	42,612	37,947
$t_{w2,i,T}$ [°C]	50,963	55,985	52,874	49,669	46,354	42,905	39,290	35,454	31,303

M. Místnost 2.6.

Tabulka II-49 - Potřebný teplotní spád v topení v místnosti 2.6.

Místnost 2.6.	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 12°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 20°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 15°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 0°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Potřebný teplotní spád v topení pro venkovní teplotu - 15°C
	$\Delta t_{i,-12}$ [°C]	$\Delta t_{i,-20}$ [°C]	$\Delta t_{i,-15}$ [°C]	$\Delta t_{i,-10}$ [°C]	$\Delta t_{i,-5}$ [°C]	$\Delta t_{i,-0}$ [°C]	$\Delta t_{i,5}$ [°C]	$\Delta t_{i,10}$ [°C]	$\Delta t_{i,15}$ [°C]
	4,239	5,164	4,586	4,008	3,430	2,853	2,275	1,697	1,119

Tabulka II-50 - Stanovení exponentu n v místnosti 2.6.

Místnost 2.6.	Radik Classic 21 MM 1600x700	$t_{N,D}$ [°C]	$t_{N1,w1,i}$ [°C]	$t_{N1,w2,i}$ [°C]	$t_{N2,w1,i}$ [°C]	$t_{N2,w2,i}$ [°C]	$Q_{N1,i}$ [W]	$Q_{N2,i}$ [W]	$\Delta t_{N1,ln}$ [°C]	$\Delta t_{N2,ln}$ [°C]	n_i [-]
		20	90	70	55	45	2942	1167	59,440	29,720	1,334

Tabulka II-51 - Stanovení exponentu z v místnosti 2.6.

Místnost 2.6.	Exponent z pro venkovní teplotu - 12°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 20°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 15°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 10°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 5°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 0°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 5°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 10°C	Exponent z pro venkovní teplotu - 15°C
	$Z_{i,-12}$	$Z_{i,-20}$	$Z_{i,-15}$	$Z_{i,-10}$	$Z_{i,-5}$	$Z_{i,0}$	$Z_{i,5}$	$Z_{i,10}$	$Z_{i,15}$
	0,162	0,170	0,165	0,160	0,154	0,147	0,139	0,129	0,116

Tabulka II-52 - Teplota v radiátorech na vstupu a na výstupu v místnosti 2.6.

Místnost 2.6.	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 12°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 20°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 15°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 0°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 5°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 10°C	Teplota v topení pro venkovní teplotu - 15°C	
	$t_{w1,i,T}$ [°C]	48,366	53,018	50,135	47,169	44,105	40,922	37,588	34,052	30,222
	$t_{w2,i,T}$ [°C]	44,127	47,854	45,549	43,161	40,675	38,069	35,313	32,355	29,103

III. Pracovní hodnoty chladiv R404A, R410A a R407H

Tabulka III-1 - Tabulka pracovních hodnot chladiva R404A

R404A										
t_e	[°C]	-20	-15	-12	-10	-5	0	5	10	15
\dot{Q}_O	[W]	-11971,46	-10674,00	-9895,53	-9376,55	-8079,10	-6781,65	-5484,19	-4186,74	-2889,29
$t_{w1,max}$	[°C]	63,456	59,516	57,107	55,481	51,336	47,761	44,089	40,276	38,653
t_{c1}	[°C]	-30	-25	-22	-20	-15	-10	-5	0	5
p_{c1}	[MPa]	0,2022	0,2475	0,2781	0,3002	0,3610	0,4307	0,5102	0,6003	0,7018
h_{c1}	[kJ·kg ⁻¹]	349,40	352,30	354,01	355,14	357,93	360,64	363,28	365,82	368,25
s_{c1}	[kJ·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	1,6266	1,6225	1,6203	1,6189	1,6157	1,6128	1,6102	1,6078	1,6054
t_{c3}	[°C]	67,456	63,516	61,107	59,481	55,336	51,761	48,089	44,276	42,653
p_{c3}	[MPa]	3,3846	3,1121	2,9550	2,8527	2,6047	2,4048	2,2122	2,0249	1,9343
h_{c3}	[kJ·kg ⁻¹]	315,20	305,00	299,53	296,03	287,62	280,80	274,10	267,40	264,62
$p_{c2}=p_{c3}$	[MPa]	3,3846	3,1121	2,9550	2,8527	2,6047	2,4048	2,2122	2,0249	1,9343
$s_{c2}=s_{c1}$	[kJ·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	1,6266	1,6225	1,6203	1,6189	1,6157	1,6128	1,6102	1,6078	1,6054
h_{c2}	[kJ·kg ⁻¹]	405,39	402,41	401,64	399,57	396,81	394,40	391,96	389,53	387,90
σ	[-]	16,736	12,574	10,626	9,503	7,215	5,583	4,336	3,373	2,756
ε	[-]	1,611	1,944	2,144	2,330	2,808	3,365	4,109	5,151	6,274
P	[W]	-7431,89	-5490,96	-4615,85	-4023,57	-2876,78	-2015,39	-1334,52	-812,80	-460,53

Tabulka III-2 - Tabulka pracovních hodnot chladiva R410A

R410A										
t_e	[°C]	-20	-15	-12	-10	-5	0	5	10	15
\dot{Q}_O	[W]	-11971,46	-10674,00	-9895,53	-9376,55	-8079,10	-6781,65	-5484,19	-4186,74	-2889,29
$t_{w1,max}$	[°C]	63,456	59,516	57,107	55,481	51,336	47,761	44,089	40,276	38,653
t_{c1}	[°C]	-30	-25	-22	-20	-15	-10	-5	0	5
p_{c1}	[MPa]	0,2694	0,3294	0,3701	0,3993	0,4800	0,5727	0,6783	0,7981	0,9332
h_{c1}	[kJ·kg ⁻¹]	409,80	412,02	413,31	414,14	416,15	418,04	419,79	421,39	422,81
s_{c1}	[kJ·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	1,8750	1,8630	1,8562	1,8517	1,8408	1,8304	1,8204	1,8106	1,8010
t_{c3}	[°C]	67,456	63,516	61,107	59,481	55,336	51,761	48,089	44,276	42,653
p_{c3}	[MPa]	4,5135	4,1479	3,9336	3,7992	3,4658	3,1972	2,9386	2,6874	2,5856
h_{c3}	[kJ·kg ⁻¹]	331,15	317,98	311,24	307,18	297,38	289,57	281,98	274,44	271,32
$p_{c2}=p_{c3}$	[MPa]	4,5135	4,1479	3,9336	3,7992	3,4658	3,1972	2,9386	2,6874	2,5856
$s_{c2}=s_{c1}$	[kJ·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	1,8750	1,8630	1,8562	1,8517	1,8408	1,8304	1,8204	1,8106	1,8010
h_{c2}	[kJ·kg ⁻¹]	493,63	486,32	482,09	479,34	472,55	466,43	460,46	454,59	450,30
σ	[-]	16,757	12,592	10,628	9,515	7,220	5,583	4,332	3,367	2,771
ε	[-]	1,938	2,266	2,484	2,640	3,106	3,655	4,388	5,426	6,511
P	[W]	-6176,56	-4711,17	-3983,70	-3551,06	-2601,25	-1855,50	-1249,68	-771,58	-443,77

Tabulka III-3 - Tabulka pracovních hodnot chladiva R407H

R407H										
t_e	[°C]	-20	-15	-12	-10	-5	0	5	10	15
\dot{Q}_O	[W]	-11971,46	-10674,00	-9895,53	-9376,55	-8079,10	-6781,65	-5484,19	-4186,74	-2889,29
$t_{w1,max}$	[°C]	63,456	59,516	57,107	55,481	51,336	47,761	44,089	40,276	38,653
p_{c1}	[MPa]	0,14	0,18	0,20	0,22	0,27	0,33	0,40	0,48	0,57
t_{c1}'	[°C]	-30,782	-25,170	-22,725	-20,464	-15,441	-10,289	-5,123	-0,010	5,014
t_{c1}''	[°C]	-37,671	-31,955	-29,464	-27,160	-22,040	-16,785	-11,511	-6,287	-1,149
h_{c1}	[kJ·kg ⁻¹]	411,25	414,35	415,68	416,89	419,53	422,15	424,68	427,09	429,34
s_{c1}	[kJ·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	1,8996	1,8873	1,8823	1,8777	1,8681	1,8588	1,8501	1,8418	1,8341
p_{c3}	[MPa]	3,37	3,11	2,95	2,85	2,60	2,40	2,21	2,02	1,94
t_{c3}'	[°C]	70,867	67,317	61,107	59,511	55,331	51,757	48,171	44,339	42,645
t_{c3}''	[°C]	67,401	63,579	65,005	63,507	59,565	56,186	52,764	49,102	47,480
h_{c3}	[kJ·kg ⁻¹]	313,32	305,40	300,48	297,37	289,44	282,89	276,46	269,77	266,86
$p_{c2}=p_{c3}$	[MPa]	67,4010	63,5790	65,0050	63,5070	59,5650	56,1860	52,7640	49,1020	47,4800
$s_{c2}=s_{c1}$	[kJ·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	1,8996	1,8873	1,8823	1,8777	1,8681	1,8588	1,8501	1,8418	1,8341
h_{c2}	[kJ·kg ⁻¹]	501,59	494,44	490,97	488,23	482,02	476,38	470,98	465,62	461,90
σ	[-]	24,071	17,278	14,750	12,955	9,630	7,273	5,525	4,208	3,404
ε	[-]	2,084	2,360	2,530	2,675	3,082	3,568	4,201	5,083	5,990
P	[W]	-5744,42	-4522,22	-3911,15	-3504,78	-2621,57	-1900,71	-1305,36	-823,67	-482,34

IV. Data zadaná do kalkulátoru cen [35]

Obr. IV-1 - Přehled zadaných dat do kalkulátoru pro vytápění nezatepleného domu plynem

Spotřeba: 63,718 MWh (6 039,6 m³), vytápění, region: Plzeň-město, Plzeňský kraj, distribuční území "GasNet, s.r.o.", aktuální ceníky

Změnit parametry spotřeby pro porovnání

Ceníky: Aktuální ceny / Historické ceny
 Zobrazit pouze dostupné ceníky

Kraj: Plzeňský kraj
Okres: Plzeň-město (distribuční území "GasNet, s.r.o.")

Stávající dodavatel: ČEZ Prodej / PLYN KLASIK

Ekologická daň: Typ spotřeby zemního plynu je osvobozen od ekologické daně (zahrnuje domácnosti)

Ceny bez DPH: v porovnání zobrazit cenu bez DPH (vhodné pro podnikatele)

Spotřeba

Spotřeba za období (rok): 63,718 MWh

Využití zemního plynu: Vytápění / Ohřev teplé vody / Vaření

Obr. IV-2 - Přehled zadaných dat do kalkulátoru pro vytápění zatepleného domu plynem

Spotřeba: 42,76 MWh (4 053,1 m³), vytápění, region: Plzeň-město, Plzeňský kraj, distribuční území "GasNet, s.r.o.", aktuální ceníky

Změnit parametry spotřeby pro porovnání

Ceníky: Aktuální ceny / Historické ceny
 Zobrazit pouze dostupné ceníky

Kraj: Plzeňský kraj
Okres: Plzeň-město (distribuční území "GasNet, s.r.o.")

Stávající dodavatel: ČEZ Prodej / PLYN KLASIK

Ekologická daň: Typ spotřeby zemního plynu je osvobozen od ekologické daně (zahrnuje domácnosti)

Ceny bez DPH: v porovnání zobrazit cenu bez DPH (vhodné pro podnikatele)

Spotřeba

Spotřeba za období (rok): 42,76 MWh

Využití zemního plynu: Vytápění / Ohřev teplé vody / Vaření

Obr. IV-3 - Přehled zadaných hodnot do kalkulátoru pro vytápění tepelným čerpadlem s chladivem R134A

VT: 1,658 MWh, NT: 8,29 MWh, sazba: D57d, jistič nad 3x25 A do 3x32 A včetně (30 A), region: Plzeň-město, Plzeňský kraj, distribuční území "ČEZ", aktuální ceníky

Změnit parametry spotřeby pro porovnání

Ceníky: Aktuální ceny / Historické ceny
 Zobrazit pouze dostupné ceníky

Kraj: Plzeňský kraj
Okres: Plzeň-město (distribuční území "ČEZ")
Sazba: D57d - Dvoutarifová sazba pro vytápění (přiznána od 1. 4. 2016)
Jistič: jistič nad 3x25 A do 3x32 A včetně
Proudová hodnota jističe: 30 A
Počet fází:
Stávající dodavatel: ČEZ Prodej / Elektřina na neurčito

Spotřeba

Spotřeba VT za období (rok): 1,658 MWh
Spotřeba NT za období (rok): 8,29 MWh

Obr. IV-4 - Přehled zadaných hodnot do kalkulátoru pro vytápění tepelným čerpadlem s chladivem R404A

VT: 1,945 MWh, NT: 9,725 MWh, sazba: D57d, jistič nad 3x25 A do 3x32 A včetně (30 A, 3 fáze), region: Plzeň-město, Plzeňský kraj, distribuční území "ČEZ", aktuální ceníky

Změnit parametry spotřeby pro porovnání

Ceníky: Aktuální ceny / Historické ceny
 Zobrazit pouze dostupné ceníky

Kraj: Plzeňský kraj
Okres: Plzeň-město (distribuční území "ČEZ")
Sazba: D57d - Dvoutarifová sazba pro vytápění (přiznána od 1. 4. 2016)
Jistič: jistič nad 3x25 A do 3x32 A včetně
Proudová hodnota jističe: 30 A
Počet fází: 3
Stávající dodavatel: ČEZ Prodej / Elektřina na neurčito

Spotřeba

Spotřeba VT za období (rok): 1,945 MWh
Spotřeba NT za období (rok): 9,725 MWh

Obr. IV-5 - Přehled zadaných hodnot do kalkulátoru pro vytápění tepelným čerpadlem s chladivem R410A

VT: 1,792 MWh, NT: 8,96 MWh, sazba: D57d, jistič nad 3x25 A do 3x32 A včetně (30 A), region: Plzeň-město, Plzeňský kraj, distribuční území "ČEZ", aktuální ceníky

Změnit parametry spotřeby pro porovnání

Ceníky: Aktuální ceny / Historické ceny
 Zobrazit pouze dostupné ceníky

Kraj: Plzeňský kraj
Okres: Plzeň-město (distribuční území "ČEZ")
Sazba: D57d - Dvoutarifová sazba pro vytápění (příznána od 1. 4. 2016)
Jistič: jistič nad 3x25 A do 3x32 A včetně
Proudová hodnota jističe: 30 A
Počet fází:
Stávající dodavatel: ČEZ Prodej / Elektřina na neurčito

Spotřeba

Spotřeba VT za období (rok): 1,792 MWh
Spotřeba NT za období (rok): 8,96 MWh

Obr. IV-6 - Přehled zadaných hodnot do kalkulátoru pro vytápění tepelným čerpadlem s chladivem R407H

VT: 1,845 MWh, NT: 9,226 MWh, sazba: D57d, jistič nad 3x25 A do 3x32 A včetně (30 A, 3 fáze), region: Plzeň-město, Plzeňský kraj, distribuční území "ČEZ", aktuální ceníky

Změnit parametry spotřeby pro porovnání

Ceníky: Aktuální ceny / Historické ceny
 Zobrazit pouze dostupné ceníky

Kraj: Plzeňský kraj
Okres: Plzeň-město (distribuční území "ČEZ")
Sazba: D57d - Dvoutarifová sazba pro vytápění (příznána od 1. 4. 2016)
Jistič: jistič nad 3x25 A do 3x32 A včetně
Proudová hodnota jističe: 30 A
Počet fází: 3
Stávající dodavatel: ČEZ Prodej / Elektřina na neurčito

Spotřeba

Spotřeba VT za období (rok): 1,845 MWh
Spotřeba NT za období (rok): 9,226 MWh