

UNIVERZA V MARIBORU  
FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO

Simon Hajnc

**TALNO, KONVEKTORSKO IN STENSKO  
OGREVANJE S TOPLOTNO ČRPALKO TER  
KOTLOM NA BIOMASO**

Diplomsko delo

Visokošolski strokovni študijski program 1. stopnje  
Strojništvo

Maribor, 2013



Univerza v Mariboru

---

Fakulteta za strojništvo

# **TALNO, KONVEKTORSKO IN STENSKO OGREVANJE S TOPLOTNO ČRPALKO TER KOTLOM NA BIOMASO**

Diplomsko delo

Študent: Simon HAJNC  
Študijski program: Visokošolski strokovni študijski program 1. stopnje  
Strojništvo  
Smer: Energetsko, procesno in okoljsko strojništvo  
Mentor: izr. prof. dr. Jure MARN

Maribor, 2013

Vložen original sklepa o  
potrjeni temi diplomskega dela

## **I Z J A V A**

Podpisani Simon Hajnc izjavljam, da:

- je bilo predloženo diplomsko delo opravljeno samostojno pod mentorstvom izr. prof. dr. Jureta MARNA;
- predloženo diplomsko delo v celoti ali v delih ni bilo predloženo za pridobitev kakršnekoli izobrazbe na drugi fakulteti ali univerzi;
- soglašam z javno dostopnostjo diplomskega dela v Knjižnici tehniških fakultet Univerze v Mariboru.

Maribor, \_\_\_\_\_

Podpis: \_\_\_\_\_

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju, izr. prof. dr. Juretu MARNU za pomoč in vodenje pri opravljanju diplomskega dela. Zahvaljujem se tudi podjetju IMP ENERGETIKA d. o. o. za omogočanje opravljanja strokovne prakse.

Posebna zahvala velja staršem, ki so mi omogočili študij.

# TALNO, KONVEKTORSKO IN STENSKO OGREVANJE S TOPLOTNO ČRPALKO TER KOTLOM NA BIOMASO

**Ključne besede:** ogrevanje, toplotna črpalka, kotel na biomaso

**UDK:** 697.3/.4(043.2)

## POVZETEK

*V diplomski nalogi sem primerjal dva načina ogrevanja objekta, in sicer talno gretje v pritličju, konvektorsko v nadstropju ter talno gretje v pritličju in stensko ogrevanje v nadstropju objekta. Primerjal sem dva energenta; za prvi način ogrevanja električno energijo z uporabo toplotne črpalke zrak – voda v pritličju in zrak – zrak v nadstropju ter biomaso – sekance, za drug način ogrevanja poslovnega objekta. Za izračun toplotnih izgub objekta sem uporabil standard SIST EN 12831:2004. V diplomski nalogi sem primerjal predvsem cene posameznih investicij v ogrevalna sistema in strošek ogrevanja v kurilni sezoni. Ugotovil sem, da je investicija v ogrevalni sistem na biomaso – sekance cenejša in da je sezonski strošek za ogrevanje objekta ugodnejše pri energentu električne energije.*

# FLOUR, CONVECTIVE AND WALL HEATING WITH HEAT PUMP AND BIOMASS FURNACE

**Key words:** heating, heat pumps, biomass boilers

**UDK:** 697.3/.4(043.2)

## ABSTRACT

*In this thesis, I compared two ways of building heating underfloor heating on the ground floor, convector in the floor and under floor heating on the ground floor and wall heating in the floor of the building. I compared the two energy products, for the first method of heating with electrical energy using heat pumps air - water on the ground and air - air in the floor and biomass - wood chips, for other means of heating of the building. To calculate the heat loss for a building I used the standard SIST EN 12831:2004. In this thesis, I compared the prices of the individual investments in the heating system and the cost of heating during the heating season. I have found that the investment in a biomass heating system - chips is cheaper and that the seasonal heating costs for building is more favorable for energy source of electricity.*

# KAZALO

<b>1</b>	<b>UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1	OPIS SPLOŠNEGA PODROČJA DIPLOMSKEGA DELA .....	1
1.2	STRUKTURA DIPLOMSKEGA DELA .....	2
<b>2</b>	<b>OGREVANJE NA LESNO BIOMASO – SEKANCI .....</b>	<b>3</b>
2.1	OGREVALNI SISTEM NA SEKANCE.....	3
2.2	TALNO OGREVANJE.....	7
2.3	STENSKO OGREVANJE .....	13
<b>3</b>	<b>OGREVANJE S TOPLOTNO ČRPALKO .....</b>	<b>15</b>
3.1	TOPLOTNA ČRPALKA ZRAK – VODA.....	16
3.2	TOPLOTNA ČRPALKA ZRAK – ZRAK .....	21
<b>4</b>	<b>IZRAČUN TOPLOTNIH IZGUB OBJEKTA .....</b>	<b>25</b>
4.1	SPLOŠNO .....	25
4.2	VHODNI PODATKI.....	26
4.3	IZRAČUN TOPLOTNIH IZGUB .....	29
4.4	REZULTATI TOPLOTNIH IZGUB .....	36
<b>5</b>	<b>PRIMERJAVA INVESTICIJ .....</b>	<b>38</b>
5.1	OGREVALNI SISTEM NA SEKANCE.....	38
5.2	OGREVANJE S TOPLOTNO ČRPALKO.....	46
5.3	PRIMERJAVA REZULTATOV .....	53
<b>6</b>	<b>SKLEP .....</b>	<b>55</b>
<b>7</b>	<b>VIRI .....</b>	<b>56</b>
<b>8</b>	<b>PRILOGE.....</b>	<b>58</b>



## KAZALO SLIK

Slika 2.1	Zalogovnik goriva s transportno napravo [15].....	4
Slika 2.2	Slika prikazuje izbrani kotel [14] .....	5
Slika 2.3	Prikaz sestavnih delov izbranega kotla [15] .....	6
Slika 2.4	Razporeditev temperature pri talnem ogrevanju .....	8
Slika 3.1	Toplotna črpalka Vitocal-300A [4] .....	16
Slika 3.2	Sestavni deli toplotne črpalke Vitocal-300A [4] .....	17
Slika 3.3	Zunanja enote toplotne črpalke zrak – zrak [7] .....	22
Slika 3.4	Notranja enota toplotne črpalke zrak – zrak [8] .....	22
Slika 3.5	Cevovod za hladilno sredstvo [12] .....	23
Slika 3.6	Odcepni "Y" kos [6] .....	23
Slika 4.1	Primer toplotnega toka skozi steno.....	29
Slika 5.1	Hidravlična shema ogrevalnega sistema na sekance .....	39
Slika 5.2	Hidravlična shema toplotne črpalke zrak - voda .....	47

## KAZALO TABEL

Tabela 2.1	Podatki toplotne prevodnosti talnih oblok [9] .....	9
Tabela 2.2	Primer kalkulacijske tabele [9] .....	12
Tabela 4.1	Temperature prostorov .....	27
Tabela 4.2	Toplotne prevodnosti gradbenih elementov .....	28
Tabela 4.3	Rezultati toplotnih izgub prostorov .....	37
Tabela 5.1	Popis materiala in del za ogrevalni sistem na sekance [15], [16], [17], [18] .....	40
Tabela 5.2	Prikaz izračuna porabe goriva - sekanci .....	43
Tabela 5.3	Prikaz izračuna porabe goriva - peleti .....	44
Tabela 5.4	Popis materiala in del toplotna črpalka zrak – voda [16], [17], [18] .....	48
Tabela 5.5	Izračun porabe energije TČ zrak – voda [19] .....	51
Tabela 5.6	Prikaz izračuna porabe energije TČ zrak – zrak [19] .....	52

## KAZALO DIAGRAMOV

Diagram 2.1	Primer kalkulacijskega diagrama za talno ogrevanje [9].....	11
Diagram 3.1	Delovanje toplotne črpalke prikazan v log p - h diagramu [5] .....	18
Diagram 3.2	Določanje toplotne črpalke v diagramu [4] .....	20

## UPORABLJENI SIMBOLI

$Q_z$	-	toplotna moč zanke
$A_z$	-	površina zanke
$q$	-	volumski pretok vode
$L_z$	-	dolžina zanke
$m_c$	-	dolžina cevi

## UPORABLJENE KRATICE

SIST -	Slovenski inštitut za standardizacijo
VRF -	Variable refrigerant flow
PMV -	Mera za toplotno udobje
PPD -	Mera za oceno toplotnega udobja
TČ -	Toplotna črpalka

# 1 UVOD

## 1.1 Opis splošnega področja diplomskega dela

V diplomskem delu sem primerjal dva načina ogrevanja skladiščnih in poslovnih prostorov na obravnavanem objektu, ki se nahaja v Mariboru. Objekt vsebuje 25 prostorov, in sicer v pritličju 9 prostorov ter na nadstropju 16 prostorov.

Prvi način ogrevanja poslovnega objekta je bil talno ogrevanje prostorov v pritličju objekta in stensko ogrevanje v nadstropju objekta z energentom lesne biomase (sekancev).

Drugi način ogrevanja poslovnega objekta je bil s toplotnima črpalkama, kjer se je pritličje objekta ogrevalo s toplotno črpalko zrak – voda na talen način gretja prostorov. Nadstropje poslovnega objekta se je ogrevalo s toplotno črpalko zrak – zrak na konvektorski način ogrevanja prostorov.

V diplomskem delu sem primerjal cene posameznih investicij v toplotne postaje in toplotne porabnike. Prav tako sem primerjal stroške goriva oziroma lesnih sekancev, ki se jih je pokurilo skozi kurilno sezono na eni strani ter na drugi strani porabljeno električno energijo za delovanje toplotnih črpalk.

## 1.2 Struktura diplomskega dela

V drugem poglavju diplomskega dela sem pisal o ogrevalnem sistemu na lesno biomaso – sekance, kjer sem naštel ter opisal dele ogrevalnega sistema. Opisal sem skladiščenje sekancev, delovanje kotla na lesno biomaso in površinsko ogrevanje objektov, ki se deli na talno ogrevanje in stensko ogrevanje prostorov. Predstavil sem tudi izračun grelne zanke površinskega ogrevanja prostorov, s pomočjo Uponsorjevih kalkulacijskih diagramov in kalkulacijskih tabel.

V tretjem poglavju sem opisoval ogrevalni sistem s toplotnima črpalkama zrak – voda za ogrevanje pritličja objekta na način talnega ogrevanja in zrak – zrak za ogrevanje nadstropja objekta na konvektorski način ogrevanja prostorov. V obeh delih tega poglavja sem opisal toplotni črpalki, njuno delovanje in izbiro toplotnih črpalk.

Četrto poglavje sem namenil izračunu toplotnih izgub objekta po standardu SIST EN 12831:2004. Uvodoma sem nekaj besed namenil samemu standardu, po katerem so bile izračunane toplotne izgube. Nato sem podal vhodne podatke, ki so potrebni za izračun toplotnih izgub. Zunanje projektne temperature veljajo za mariborsko območje, medtem ko sem za temperature prostorov uporabil standard SIST EN 7730:2006.

Nato sem predstavil izračun toplotnih izgub na primeru. V zadnjem delu tega poglavja sem podal podatke toplotnih izgub obravnavanega poslovnega objekta.

V petem poglavju sem primerjal cene investicij v posamezna ogrevalna sistema. To poglavje je razdeljeno na tri dele; v prvem delu sem predstavil stroške investicije ter ceno porabljenega energenta skozi kurilno sezono za ogrevalni sistem na lesno biomaso – sekance. V drugem delu sem predstavil stroške investicije in ceno porabljene električne energije za ogrevalni sistem na toplotni črpalki. Zadnji del petega poglavja sem namenil primerjavi podanih stroškov posameznega ogrevalnega sistema.

Šesto poglavje je sklep, kjer sem v večini opisal ugotovitve. Sledi sedmo poglavje s seznamom uporabljenih virov ter osmo poglavje, v katerem se nahajajo priloge.

## 2 OGREVANJE NA LESNO BIOMASO – SEKANCI

### 2.1 Ogrevalni sistem na sekance

Ogrevalni sistem na sekance sestavljajo:

- zalogovnik goriva s transportno napravo;
- kotel na sekance;
- ogrevalni porabniki, v mojem primeru diplomskega dela površinsko ogrevanje.

### SKLADIŠČENJE SEKANCEV

Slabost sekancev je ta, da zanje potrebujemo velik prostor za skladiščenje. Za ogrevanje objektov s sekanci na podeželju ni večjih težav, saj imajo ti objekti v večini primerov več prostora za skladiščenje goriva. Tako lahko skladiščijo sekance tudi za celotno sezono.

Težje je skladiščiti gorivo v gosteje naseljenih naseljih in mestih, kjer tega prostora ni. Tako je potrebno sekance dostavljati večkrat na kurilno sezono. Upoštevati je potrebno še prostor za dostavo sekancev, saj se le-ti dostavljajo s traktorsko prikolico ali s tovornjakom in se nasujejo v skladiščni prostor.

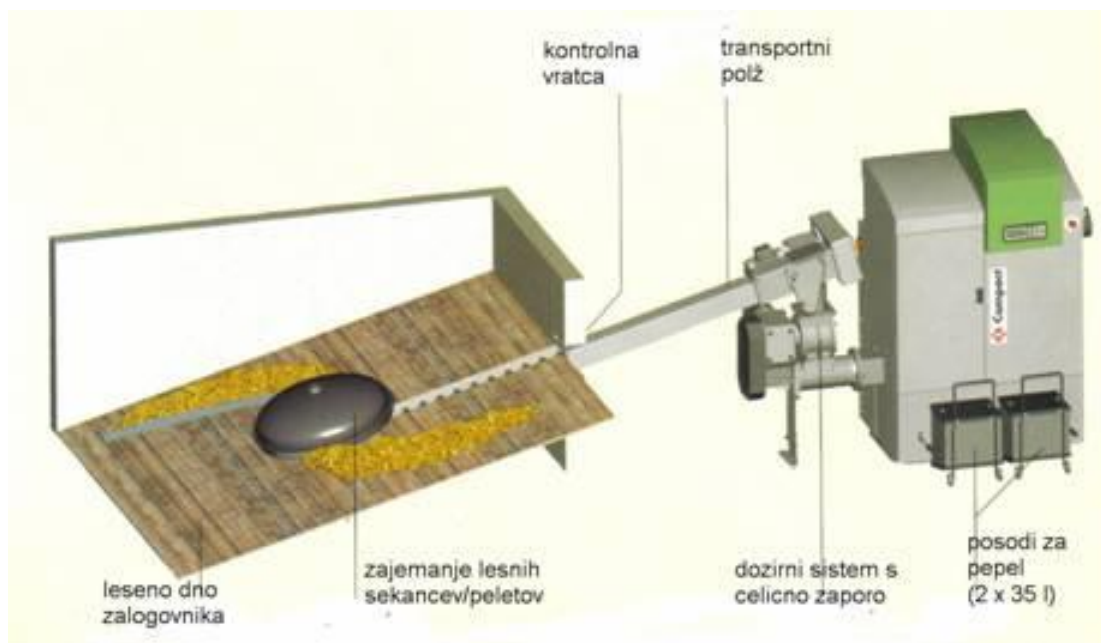
Takšni skladiščni prostori so lahko popolnoma primitivni ali pa tehnološko dovršeni in avtomatizirani. Dober avtomatizirani skladiščni prostor nam ponuja potrebno udobno ogrevanje. Skladiščni prostor je lahko zraven, nad ali pod kotlom. Del skladiščnega prostora je tudi transportna naprava, ki transportira gorivo iz skladišča do kotla.

- ❖ ŽGANJAR, Lojze. Sekanci: nova oblika kuriva iz sečnih in drugih ostankov. Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo. Ljubljana: delo, 1986

Transportna naprava je sestavljena iz:

- zajemalnih »rok«, ki se vrtijo in zajemajo lesne sekance v prostoru in jih vodijo do polža;
- kontrolnih vrat;
- transportnega polža, ki dozira sekance iz skladiščnega prostora do kotla.





Slika 2.1 Zalogovnik goriva s transportno napravo [15].

Skladiščni prostor potrebuje odprtino, skozi katero lahko nasujemo nove zaloge goriva. Nekatera skladišča imajo poseben prostor, v katerega nasujemo lesne sekance, od koder jih polž transportira v večji skladiščni prostor.

## KOTEL

V praksi najdemo kotle na sekance od 10 kW in vse do nekaj MW toplotne moči. Ogrevalni sistemi na sekance se v večini primerov uporabljajo za večje ogrevalne sisteme. Sodobni ogrevalni sistemi na sekance so popolnoma avtomatizirani in tehnično dovršeni. Tako nudijo udobno in brezskrbno ogrevanje skozi vso ogrevno sezono. Za nemoteno ogrevanje sta seveda potrebna zalogovnik goriva in transportna naprava, ki skrbi za dotok goriva.

V diplomskem delu sem izbral kotel na sekance podjetja KWB, tipa Multifire, nazivne toplotne moči 40 kW; le-ta je prikazan na spodnji Sliki 2.2.



Slika 2.2 Slika prikazuje izbrani kotel [14].

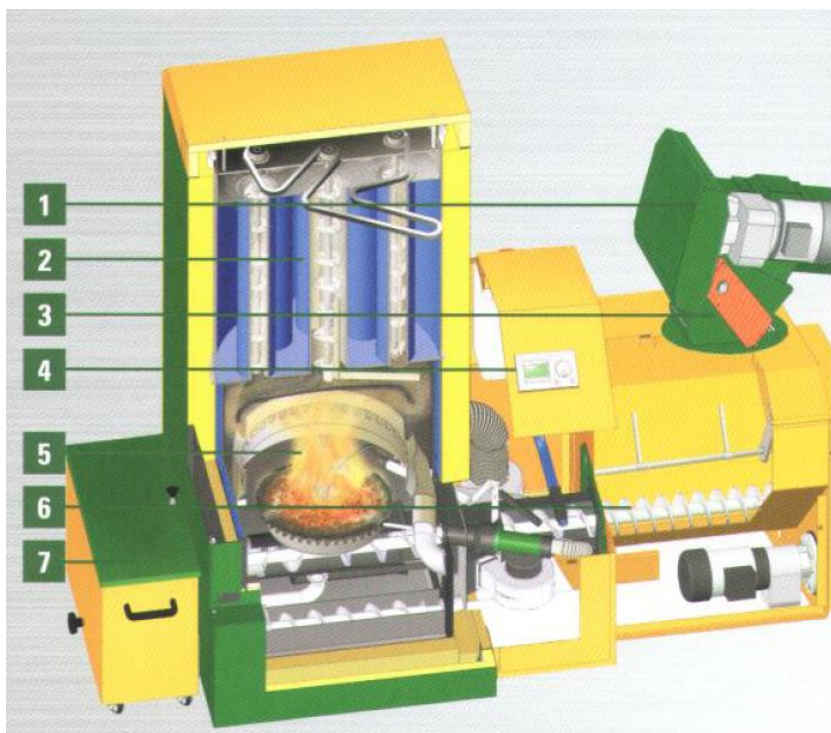
## DELOVANJE KOTLA

Dovodna naprava transportira gorivo – lesne sekance v zalogovnik za gorivo, ki ga ima sam kotel. Dozirni polž dovaja gorivo v pred komoro, kjer se zaradi temperature začne uparjati. V tej fazi se potiska (tlačni ventilator) ali sesa (sesalni ventilator) primeren zrak, s pomočjo katerega oparjene pline goriva potisne ali posea v zgorevalno komoro. V zgorevalni komori se doda sekundaren zrak, s pomočjo katerega oparjeni plini goriva dokončno zgorijo. Dimne pline vodi skozi toplotni prenosnik, kjer oddajo del svoje toplote na nosilni medij za ogrevanje objekta. Pri tem nastaja kot produkt zgorevanja pepel, ki ga polž za odvod pepela odvaja iz kotla v zalogovnik pepela. Vsak kotel mora vsebovati tudi pripravo proti povratnemu ognju, da se prepreči morebitno gorenje lesne biomase v smeri zalogovnika.

- ❖ HROVATIN Darko in Šubic Lojze. Kotli na lesno biomaso za centralno ogrevanje : čista energija iz gozda: vodnik. Ljubljana: Agencija za prestrukturiranje energetike, 2000

Sestavni deli izbranega kotla so:

1. transportni sistem;
2. toplotni izmenjevalnik;
3. protipožarna loputa;
4. uporaba in regulacija;
5. gorilni sistem;
6. stroker polž;
7. odjem pepela.



Slika 2.3 Prikaz sestavnih delov izbranega kotla [15].

Kotli na sekance spadajo v skupino kotlov z avtomatskim doziranjem goriva, ki omogočajo optimalno zgorevanje lesne biomase med 30 % in 100 % nazivne moči kotla. Kotel se lahko veže neposredno na razdelilnik za ogrevalne uporabnike ali na hranilnik tople vode. Za optimalen izkoristek kotla na sekance je potrebno vgraditi zalogovnik tople vode, ki pa ni obvezen. Njegova naloga je ogrevanje objekta po izklopu kotla. Proizvajalci kotlov na lesno biomaso predpisujejo, da naj bo na vsak kW nazivne toplotne moči kotla vsaj 50 litrov vode. Hranilnik tople vode poskrbi za to, da je vklopov in izklopov kotla čim manj, saj le-ti zmanjšujejo izkoristek kotla. Hranilnik tople vode lahko prevzame tudi več kot 75 % energije, ene polnitve goriva.

## **POVRŠINSKO OGREVANJE**

Površinsko ogrevanje je nizekotemperaturni sistem ogrevanja. Poznamo več vrst površinskega ogrevanja, in sicer:

- talno ogrevanje;
- stensko ogrevanje;
- stropno ogrevanje.

Nizekotemperaturni ogrevalni sistemi delujejo z nizkimi temperaturami nosilnega medija, ki prenaša toploto po ceveh. Zaradi nižje temperature grelnega medija so potrebne večje površine.

### **2.2 Talno ogrevanje**

(Povzeto s spletne strani: slonep.net [20]): talno ogrevanje je lahko del sistema centralnega ogrevanja objekta. Prostore ogreva preko površine tal, v katerem so napeljene cevi za talno ogrevanje in zalite z glazuro samorazlivnega estriha. Toplota se s tal na zrak prenaša predvsem s sevanjem in ne prihaja do kroženja zraka, kot pri klasičnem načinu ogrevanja. Močnejše kroženje zraka dviguje prah, pršice in druge delce, ki povzročajo alergijo.

## **PREDNOSTI IN SLABOSTI TALNEGA OGREVANJA**

(Povzeto s spletne strani: slonep.net [20])

Prednosti talnega ogrevanja so:

- udobje;
- higiena;
- enakomerna porazdelitev toplote po višini;
- ekološki način ogrevanja.

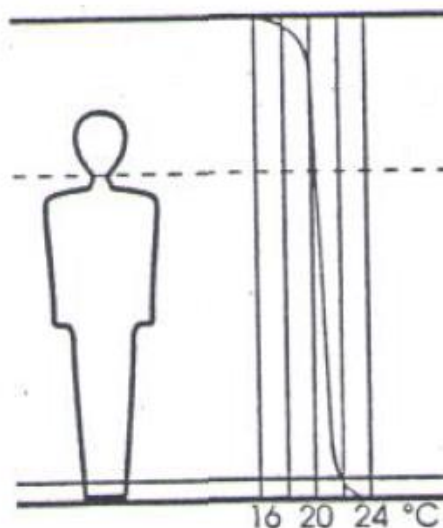
Slabosti talnega ogrevanja so:

- draga popravila, težko je najti mesto okvare;
- velika vztrajnost sistema;
- zmanjševanje učinka ogrevanja zaradi talnih oblog.

## TEMPERATURE TALNEGA OGREVANJA

Sistem talnega ogrevanja ima omejeno maksimalno temperaturo dovodnega medija na 35° C. Prav tako predpisuje standard EN 1264 maksimalne površinske temperature. Najvišja površinska temperatura v normalnih oziroma bivalnih conah je 29° C. V zgoščenih ali robnih conah naj površinska temperatura ne presega več kot 35° C, medtem ko je v kopalnici omejena na 33° C. V prostorih, kjer se zadržujemo dlje časa, je priporočljivo, da je najvišja površinska temperatura 25° C. Previsoke površinske temperature bi imele na ljudi zdravstveno negativne učinke.

## RAZPOREDITEV TEMPERATURE V PROSTORU



Slika 2.4 Razporeditev temperature pri talnem ogrevanju.

S Slike 2.4 je razvidno, da v kolikor je temperatura tal med 23 in 24° C, nam talno gretje omogoča prijetno temperaturo v višini glave med 18 in 20° C.

Za ogrevanje objektov se temperature tal pri talnem ogrevanju gibljejo med 20 in 29° C, kar je bistveno več kot pri klasičnem ogrevanju, kjer je temperatura med 15 in 18° C. Višje temperature tal ugodno vplivajo na počutje ljudi v prostoru, saj se toplota dviguje od nog proti stropu; s tem dobimo prijetno in enakomerno porazdelitev toplote po višini. Takšna porazdelitev toplote v prostorih omogoča nekoliko nižje temperature prostorov. Zaradi občutljivih nog na mraz zavedemo telo s toplimi tlemi, ki začuti nekoliko nižjo temperaturo prostora v tem primeru kot ugodno.

## TALNE OBLOGE

Različne talne obloge imajo različno toplotno prevodnost temperature. Zaradi tega so ene bolj druge manj primerne pri uporabi talnega ogrevanja.

Tabela 2.1 Podatki toplotne prevodnosti talnih oblog [9]

Talne obloge	Toplotna prevodnost [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ]
Preproga	0,10–0,15
Parquet	0,04–0,11
PVC	0,025
Ploščice, marmor	0,01–0,02

Med primernejše talne obloge sodijo: laminati, linolej, parketi (razen iz bukovega lesa), kamen, keramika, talne obloge iz kvalitetnega tekstila.

Medtem ko guma, itison, tapison in podobne talne obloge niso primerne za talno ogrevanje prostorov, saj lahko onemogočijo dobro funkcioniranje talnega ogrevanja.

## UPORABA IN IZBIRA TALNEGA OGREVANJA

(Povzeto s spletne strani: slonep.net [20])

Uporaba talnega ogrevanja:

- v hišah, stanovanjih in ustanovah, kot so vrtci, šole, bolnice ter domovi za ostarele;
- za ogrevanje športnih prostorov, kot so telovadnice, bazenski prostori;
- v visokih prostorih, na primer hale, skladišča, verski objekti;
- v rastlinjakih;
- za taljenja snega in ledu.

Za sistem talnega ogrevanja sem v diplomskem delu izbral sistem Uponsorjevega talnega ogrevanja. Uponsor razpolaga s cevmi PE-Xa, ki so namenjene talnemu oziroma površinskemu ogrevanju. Cevi so premera od  $9,9 \times 1 \text{ mm}$  do  $20 \times 2 \text{ mm}$  in omogočajo različna pritrdjevanja na podlago, odvisno od izvedbe.

## NAČINI PRITRJEVANJA CEVI

Poznamo več načinov pritrjevanja cevi na podlago, in sicer:

- samolepilne pritrdilne plošče za cevi PE-Xa 9,9 mm omogočajo pritrjevanje cevi v vzdolžni in prečni smeri z razmikom 5, 10 in 15 cm. Samolepilne pritrdilne plošče se položijo na ravna tla druga ob drugi. Na zgornji strani imajo utore, kot prikazuje slika, v katere se napelje zanka;
- suhomontažne plošče za vgradnjo cevi PE-Xa, dimenzije 14 mm, omogočajo pritrjevanje cevi samo v vzdolžni smeri z razmikom 15, 22,5 in 30 cm. Suhomontažne plošče se položijo po celotni površini prostora, tako da med utori za cevi ni razmika;
- pritrdilne plošče z izolacijo, za vgradnjo cevi PE-Xa, dimenzije 14 in 17 mm. Pritrdilne plošče z izolacijo nam omogočajo polaganje cevi vzdolžni in prečni smeri z razmiki 10, 15, 20 in 30 cm;
- pritrdilne plošče za dimenzijo cevi 14 mm. Tudi te plošče nam omogočajo pritrjevanje cevi v vzdolžni in prečni strani z razmiki med cevmi 6, 12, 18, 24 in 30 cm;
- držala za cevi se lahko uporabljajo pri PE-Xa ceveh, dimenzije od 14–20 mm z ali brez izolacije. Na tekoči meter se morata pritrčiti vsaj dve držali za cevi. Upoštevati je potrebno maksimalni razmik med cevmi 1,5 m pri ceveh dimenzije 16–20 mm in 1 m pri dimenziji cevi 14 mm. Ta metoda pritrjevanja cevi je najzamudnejša.

Cevi za talno ogrevanje se lahko polagajo, usmerjajo v vrsti ali vodoravno in v spiralni zasnovi ter izvedbi. Pri talnem sistemu ogrevanja način vodenja cevi ne vpliva na moč zanke, vpliva pa na razporeditev temperature v prostoru. [9]

## IZRAČUN ZANKE TALNEGA OGREVANJA

Dolžino in moč zanke sem določil s pomočjo proizvajalčevih podatkov. Uponsor ima za lažje in hitrejše dimenzioniranje pripravljene grafe ter tabele za svoje izdelke.

Pri dimenzioniranju zanke sem uporabil enačbo (2.1) za izračun diferencialne temperature ogrevalnega medija, ki sem jo pridobil iz tehničnih navodil.

$$\Delta\theta_H = \left| \frac{\theta_V - \theta_R}{\ln \frac{\theta_V - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}} \right| \quad (2.1)$$

Za izračun moči ogrevalne površine sem potreboval podatek o velikosti površine tal in specifično toplotno oddajo; slednjo sem odčital iz kalkulacijskega diagrama, ki se za različne cevi razlikuje. Kalkulacijski diagram je razdeljen v dva dela in je prikazan na spodnji sliki.

Najprej sem kot vhodni podatek v spodnjem delu kalkulacijskega diagrama uporabil toplotno upornost talne obloge  $R_{\lambda,B}$  ter s preizkušanjem določil razmik med cevmi  $T$ . Skozi točko na

presečišču sem narisal ravno črto v zgornji del kalkulacijskega diagrama. Črta seka linije diferencialne temperature ogrevalnega medija  $\Delta\theta_H$ . Označil sem si točko na črti, s presečiščem izračunane vrednosti linije diferencialne temperature ogrevalnega medija ter odčital vrednost specifične toplotne oddaje  $q$ .

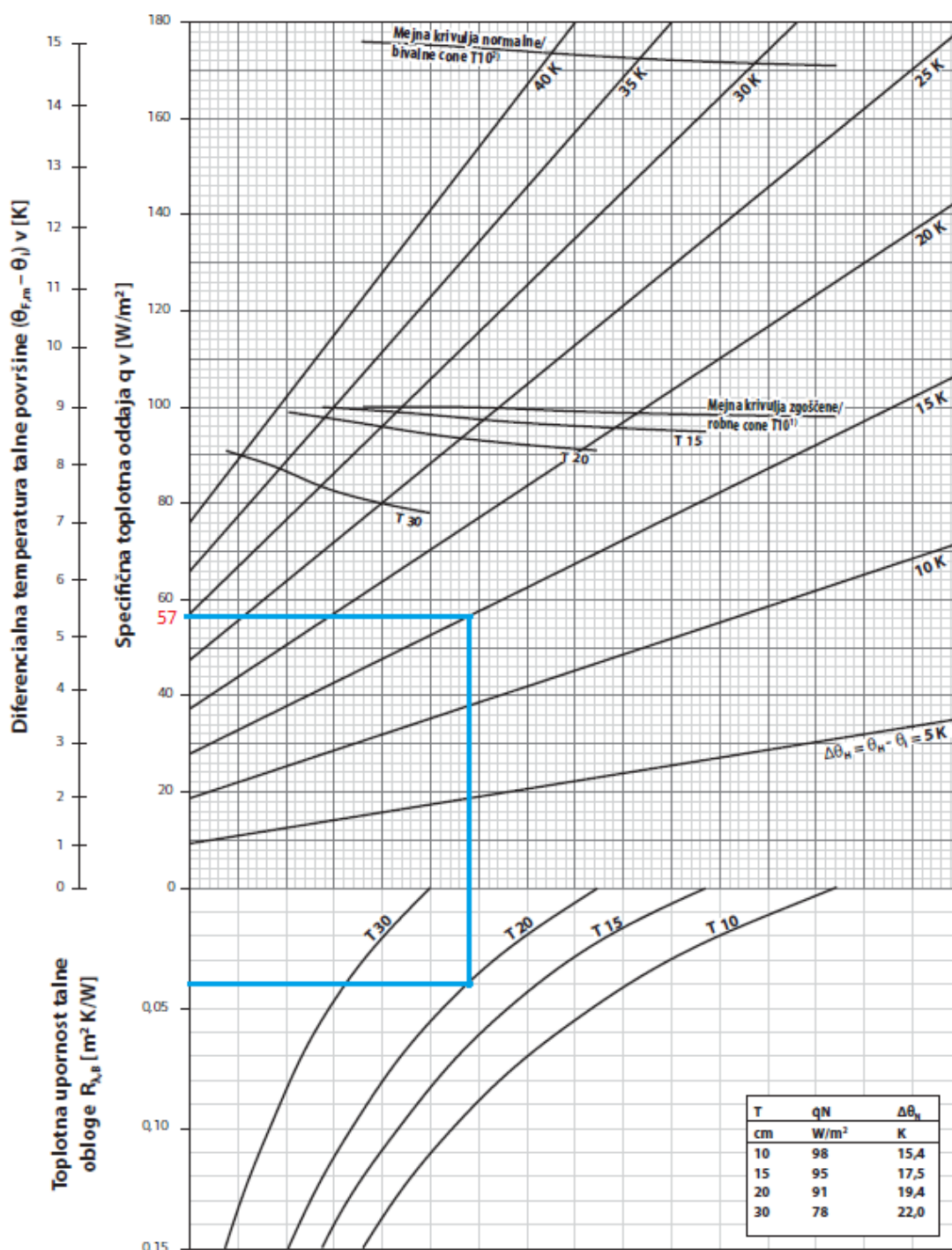


Diagram 2.1: Primer kalkulacijskega diagrama za talno ogrevanje [9].



Toplotno moč zanke  $Q_Z$  sem izračunal po enačbi (2.2):

$$Q_Z = A_Z \times q \quad (2.2)$$

Za izračun potrebne dolžine cevi, ki bo ogrevala prostor, sem si pomagal s kalkulacijskimi tabelami od proizvajalca cevi.

Tabela 2.2 Primer kalkulacijske tabele [9]

Razmak med cevmi (cm)	Dolžina cevi (m/m <sup>2</sup> )	Obložna folija (m)	Multi folija z/brez izolacije (m <sup>2</sup> )	Selotejp (m)	Držalo cevi (m)
10	10	1	1	1	1
15	6.7	1	1	1	1
20	5	1	1	1	1
25	4	1	1	1	1
30	3.4	1	1	1	1

Dolžina cevi na kvadratni meter  $m_c$  je odvisna od razmika med cevmi in vrste oziroma pritrditve cevi. Potrebno dolžino cevi sem izračunal po spodnji enačbi (2.3).

$$L_Z = m_c \times A_Z \quad (2.3)$$

## 2.3 Stensko ogrevanje

(Povzeto s spletne strani: slonep.net [20]): kot talno ogrevanje je lahko tudi stensko ogrevanje del centralnega sistema ogrevanja objekta, kjer se prostor ogreva preko površine stene. Na steno so napeljane zanke cevi, ki se pritrdijo s pritrdjevalno letvijo za stensko ogrevanje. Na ogrevalni steni lahko cevi zakrijemo z različnimi materiali, raznimi ometi ali s keramičnimi ploščicami.

V nasprotju kot pri talnem ogrevanju, niso pri stenskem načinu ogrevanja omejene temperature grelnih površin. Dovoljene so celo nekoliko višje površinske temperature. V poletnih dneh nam stenski način ogrevanja omogoča ohlajevanje prostorov.

### **PREDNOSTI IN SLABOSTI STENSKEGA OGREVANJA**

(Povzeto s spletne strani: slonep.net [20])

Prednosti:

- toplota s stene na zrak v prostor prehaja večinoma s sevanjem. To pomeni, da ni močnega kroženja zraka v prostoru, ki bi dvigovalo prah, pršice in druge majhne delce;
- toplota s stene na zrak v prostoru prehaja tudi deloma s konvekcijo. To pomeni, da se bo ob steni zrak dvigoval. Z dviganjem toplega zraka preprečimo direkten tok hladnega zraka skozi špranje, na primer okna;
- toplota stenskega ogrevanja izsuši zunanje stene na notranji strani, kar preprečuje nastajanja plesni v prostorih.

Slabosti:

- postavljeno pohištvo ob stenah zmanjšuje učinkovitost gretja prostorov;
- stensko ogrevanje je nizko temperaturni sistem ogrevanja. To pomeni, da potrebujemo velike ogrevalne površine. Težava se nahaja v izvedbi, saj so v notranjosti zidov speljane električne in vodne inštalacije;
- v stene ne smemo vrtati ali zabijati žebeljev, saj lahko poškodujemo ogrevalno zanko. V večini primerov je mesto okvare težko najti, popravila in sanacije zidov pa so drage.

## **IZBIRA STENSKEGA OGREVANJA**

Za stensko ogrevanje sem v diplomskem delu izbral Uponsorjevo cev, dimenzije 9,9 mm, iz Uponsorjevega kataloga za stropno in stensko hlajenje ter ogrevanje. Z manjšo dimenzijo cevi se pri tovrstnem načinu ogrevanja izognemo problemu z odzračevanjem sistema. Tako ni potrebno nameščati odzračevalnih lončkov za stensko ogrevanje, ki bi se videli na dokončanem zidu.

## **IZRAČUN ZANKE**

Zanko se dimenzionira na enak način kot pri talnem ogrevanju prostorov, vendar tukaj uporabljamo kalkulacijske diagrame in kalkulacijske tabele za cevi v namen stropnega ter stenskega ogrevanja.

### 3 OGREVANJE S TOPLOTNO ČRPALKO

(Povzeto s spletne strani: toplotnacrpalka.org [2]): namen toplotne črpalke je v osnovi ogrevanje, lahko pa tudi hlajenje bivalnih prostorov. Toplotna črpalka izkorišča toplotni tok, ki je v naravi iz višje na nižjo temperaturo. Z nekaj vložene energije (električne energije) doseže spremembo toplotnega toka z nižje na višjo temperaturo, torej izkoristi del energije, ki se nahaja v snovi z nižjo temperaturo in jo prenese na snov z višjo temperaturo.

Poznamo več tipov toplotnih črpalk, in sicer:

- toplotna črpalka zrak – voda;
- toplotna črpalka zemlja – voda;
- toplotna črpalka voda – voda;
- toplotna črpalka zrak – zrak.

Vsi tipi toplotnih črpalk delujejo v osnovi po enakem krožnem procesu in so jim skupne sestavine: kompresor, uparjalnik, ekspanzijski ventil ali dušilnik in kondenzator. Skozi njih se pretaka hladilo, ki prenaša energijo iz okolice na želeno mesto.

V diplomskem delu sta za ogrevanje objekta določeni dve toplotni črpalke različnih tipov.

### 3.1 Toplotna črpalka zrak – voda

(Povzeto s spletne strani: [toplotnacrpalka.org](http://toplotnacrpalka.org) [2]): Za toplotno črpalko zrak – voda sem izbral Viessmannovo toplotno črpalko Vitocal 300-A. Nazivna moč toplotne črpalke je 9 kW, kar zadošča za pokrivanje toplotnih izgub pritličja. V splošnem so toplotne črpalke zrak – voda najcenejša vrsta toplotnih črpalk z enostavnim in s poceni vzdrževanjem.

Je kompaktna toplotna črpalka, kar pomeni, da sta uparjalnik in kondenzator v isti enoti. Kot vir energije za ogrevanje pritličja izkorišča okoliški zrak in je zmožna pokrivati toplotne izgube objekta do temperature  $-8^{\circ}\text{C}$ . Pri nižjih temperaturah okoliškega zraka ne več deluje v monovalentnem načinu obratovanja, temveč ji pomaga pokrivati toplotne izgube pritličja dograjeni električni grelec. Nižje temperature okoliškega zraka pomenijo zmanjšanje ogrevalne moči črpalke.



Slika 3.1 Toplotna črpalka Vitocal-300A [4].

## SESTAVNI DELI

S Slike 3.2 so razvidni sestavni elementi toplotne črpalke zrak – voda:

- A Uparjalnik
- B Ventilator
- C Hermetični kompresor (Scroll)
- D Kondenzator
- E Elektronski ekspanzijski ventil



Slika 3.2: Sestavni deli toplotne črpalke Vitocal-300A [4].

Poleg naštetih sestavnih delov se še v enoti toplotne črpalke nahajajo vezni vodi, izpust kondenzata in izolacija.

## DELOVANJE

Hladilna snov se pretaka skozi kompresor, uparjalnik, ekspanzijski ventil in kondenzator. Uparjalnik je nameščen na strani naravnega toplotnega zbiralnika; v mojem primeru je naravni toplotni zbiralnik okoliški zrak, od koder toplotna črpalka črpa energijo. Kondenzator je nameščen na strani porabnika in oddaja energijo.

V Diagramu 3.1 je prikazan log p – h diagram, ki prikazuje delovanje toplotne črpalke. V toplotnih črpalkah se termodinamični krožni proces deli na štiri faze, in sicer:

1. uparjanje;
2. kompresija;
3. kondenzacija;
4. ekspanzija.

Hladilnemu sredstvu, ki kroži skozi sestavne elemente toplotne črpalke, se spreminja agregatno stanje in gre skozi štiri faze termodinamičnega krožnega procesa. Prva faza poteka od točke 4 do točke 1, hladilna snov pa spreminja agregatno stanje iz kapljevine v plinasto agregatno stanje. Od točke 4 do točke 1'' poteka uparjanje pri konstantnem tlaku, na kar od točke 1'' do 1' pregrevanje hladilnega sredstva v uparjalniku pri konstantnem tlaku. Sledi druga faza od točke 1 in se imenuje neizotropna kompresija. Nastalim plinom se povečuje tlak do točke 2. Tretja faza se imenuje kondenzacija. Da lahko hladilno sredstvo kondenzira, se mora najprej od točke 2 ohladiti pri konstantnem tlaku do rosilne krivulje (2'). Od točke 2' se hladilnemu sredstvu spreminja agregatno stanje iz plinastega nazaj v kapljevito agregatno stanje do točke 3', kjer poteka kondenzacija pri konstantnem tlaku. Nato sledi še podhladitev hladilnega sredstva pri konstantnem tlaku od točke 3' do točke 3. Da se omogoči kontinuirano ponavljanje termodinamičnega procesa, se mora hladilnemu sredstvu znižati tlak, pri katerem uparja. Od točke 3 do točke 4 poteka ekspanzija pri konstantni entalpiji.

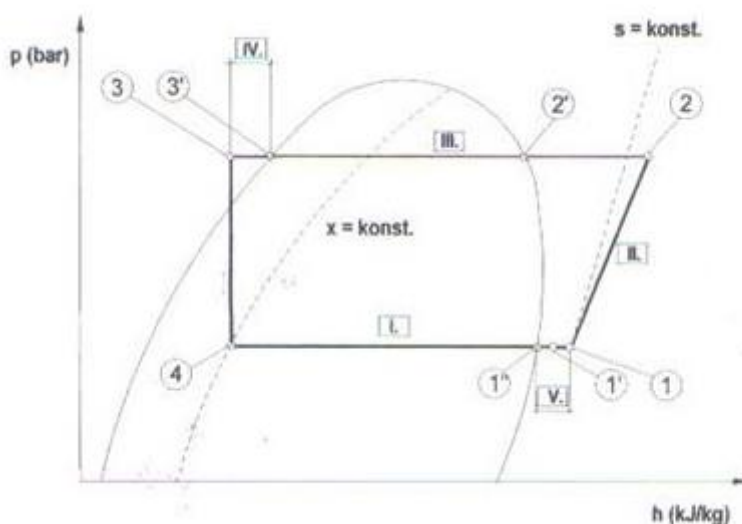


Diagram 3.1: Delovanje toplotne črpalke, prikazan v log p – h diagramu [5].

- I uparjanje
- II kompresija
- III kondenzacija
- IV podhladitev
- V pregretje

## OGREVANJE

Ogrevanje pritličja se vrši s talnim načinom ogrevanja prostorov; le-to je že opisano v poglavju talno ogrevanje.

Iz hidravlične sheme, Slike 5.2 je razvidno, da je toplotna črpalka zrak – voda vezana neposredno na toplotni razdelilnik, od koder se napaja toplotne porabnike.

## IZBIRA TOPLOTNE ČRPALKE ZRAK – VODA

Izbira toplotne črpalke naj bo premišljena, saj le-ta naj ne bi bila premajhna ali prevelika. V kolikor je toplotna črpalka premajhna, ji ne uspe zadostno ogreti prostorov pozimi in jo mora dopolnjevati drugi vir ogrevanja. V kolikor je toplotna črpalka prevelika, se bo prepogosto vklapljala in izklapljala; to vodi do okvare kompresorja. Tako imenovani Scroll kompresorji niso dimenzionirani na življenjsko dobo kompresorja, temveč na število vklopov. Prepogosti vklopi in izklopi zmanjšujejo izkoristek naprave.

V mojem primeru sem izbral toplotno črpalko Vitocal 300-A, proizvajalca Viessmanna. Podjetje Viessmann ima za svoje izdelke pripravljene tabele in diagrame (diagram moči), ki so namenjeni projektantom, da lahko z njih razberejo podatke.

Diagram 3.2 prikazuje toplotno moč, ki se nahaja na ordinati v odvisnosti od temperature okoliškega zraka, ki je podana v °C, ki se nahaja na abscisi. Diagram 3.2 je razdeljen v tri področja, in sicer:

- A toplotna moč (kW);
- B električna moč (kW);
- C temperatura pred toka sekundarnega dela (°C).

Na abscisi sem si označil povprečno letno temperaturo, ki je približno 12° C, in temperaturo, pri kateri smo projektirali toplotne izgube objekta; v mojem primeru pri - 13° C. Pri slednji sem narisal vodoravno črto.

Na ordinati sem poiskal toplotno moč, ki jo moram zagotoviti za ogrevanje prostorov. Točko sem si označil na že prej narisani vzporednici pri temperaturi projektiranja toplotnih izgub objekta. Označeno točko sem povezal s temperaturo okoliškega zraka.

Tako sem dobil presečišče s krivuljo, ki prikazuje odvisnost toplotne moči od temperature okoliškega zraka, pri različnih temperaturah pred toka. V mojem primeru je presečišče s krivuljo pred toka 35° C; narisal sem črto, ki je pravokotna na absciso. Tako sem dobil



temperaturo, do katere uspe toplotna črpalka delovati v monovalentnem načinu obratovanja. V mojem primeru je ta temperatura pri  $-8^{\circ}\text{C}$ , od nje naprej pa ji pomaga potrebe ogrevanja pokrивati električni grelnik.

Do določitve potrebne moči električnega grelnika sem se prikopal tako, da sem kotiral od točke, kjer se sekata črta od temperature projektiranja toplotnih izgub objekta in linija pred toka do točke, ki prikazuje toplotne izgube objekta.

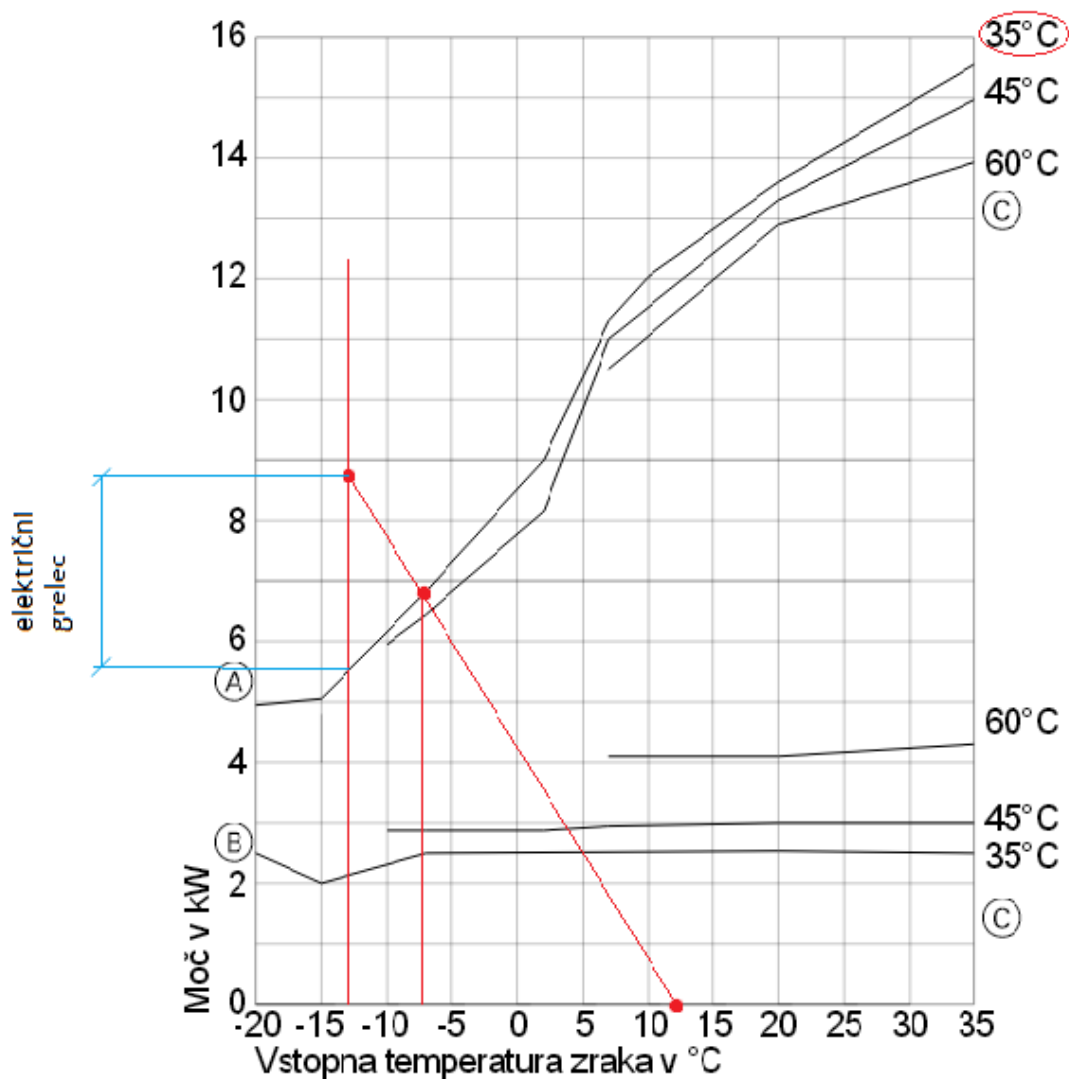


Diagram 3.2: Določanje toplotne črpalke v diagramu [4].

## 3.2 Toplotna črpalka zrak – zrak

V diplomskem delu obravnavam ogrevanje pisarniških prostorov s toplotno črpalko zrak – zrak oziroma VRF sistem ogrevanja in hlajenja.

Toplotna črpalka VRF je sestavljena iz zunanje in več notranjih enot. Omogoča ogrevanje objekta do zunanje temperature - 20° C, v monovalentnem načinu obratovanja tudi v temperaturnih konicah.

### IZBIRA TOPLOTNE ČRPALKE ZRAK – ZRAK

Pri izbiri toplotne črpalke zrak – zrak so mi v celoti pomagali v podjetju Klima Petek d. o. o.; le-ti na slovenskem trgu zastopajo proizvajalca VRF sistemov SAMSUNG.

Z izbirnim programom je bila izbrana toplotna črpalka SAMSUNG DVM (Digital Variable Multi) – RD120HHXGB. Nazivna ogrevalna moč toplotne črpalke je 37,8 kW.

Prav tako so bile s strani podjetja Klima Petek d. o. o. izbrane notranje enote toplotne črpalke, proizvajalca SAMSUNG.

### SESTAVNI DELI

Toplotno črpalko zrak – zrak v grobem sestavljajo:

- zunanja enota;
- notranja enota;
- vezni deli.

V zunanji enoti se nahaja zračno hlajeni prenosnik toplote – uparjalnik, ki ga sestavljajo bakrene cevi in aluminijaste lamele. Prav tako se v njej nahaja Scroll kompresor, ki je elektronsko reguliran in zmožen linearno spreminjati hitrost. Sestavine zunanje enote so obdane z ohišjem iz pločevine, ki je primerno zaščiteno pred zunanjimi vplivi.

- ❖ STOJKO, David. Ogrevanje in hlajenje poslovnih prostorov s toplotno črpalko zrak – zrak: Diplomsko delo visokošolskega strokovnega študijskega programa strojništvo. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2011



Slika 3.3: Zunanja enote toplotne črpalke zrak – zrak [7].

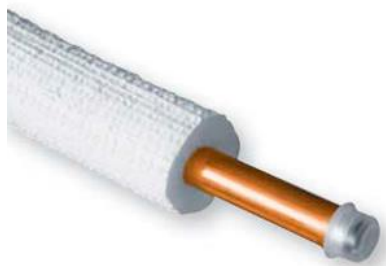
Notranje enote so ventilatorski konvektorji in so izbrani po možnosti vgradnje. Za pisarniške prostore so izbrane notranje stenske enote, za hodnik in predavalnico pa stropne kasete. Vse enote vsebujejo potrebno elektronsko opremo za optimalno delovanje VRF sistema.

- ❖ STOJKO, David. Ogrevanje in hlajenje poslovnih prostorov s toplotno črpalko zrak – zrak: Diplomsko delo visokošolskega strokovnega študijskega programa strojništvo. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2011



Slika 3.4: Notranja enota toplotne črpalke zrak – zrak [8].

Za delovanje VRF sistema potrebujemo še vezne elemente, za prenos hladilnega sredstva z zunanje enote do posameznih notranjih enot. Cevovod za hladilno sredstvo je iz bakrene cevi s polietilensko izolacijo, prikazano na Sliki 3.5.



Slika 3.5: Cevovod za hladilno sredstvo [12].

Prav tako so iz bakrene cevi narejeni odcepni kosi »Y«, ki se uporabljajo pri VRF sistemu.



Slika 3.6: Odcepni "Y" kos [6].

## DELOVANJE

Sistem deluje brez vmesnega prenosnika med hladilno snovjo in vodo, kot pri toplotnih črpalkah zrak – voda.

Uparjalnik je nameščen na strani naravnega toplotnega zbiralnika, ki je okoliški zrak. Kondenzatorji so hkrati toplotni porabniki in so nameščeni v prostorih. Prav tako kot pri toplotnih črpalkah zrak – voda se hladilni snovi spreminja agregatno stanje in kroži skozi štiri faze termodinamičnega krožnega procesa.

VRF sistem s pomočjo elektronskega ekspanzijskega ventila, ki se nahaja v vsaki notranji enoti, in brezstopenjski kompresor v zunanji enoti kontrolirata pretok hladilnega sredstva skozi grelna telesa.

- ❖ STOJKO, David. Ogrevanje in hlajenje poslovnih prostorov s toplotno črpalko zrak – zrak: Diplomsko delo visokošolskega strokovnega študijskega programa strojništvo. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2011

## OGREVANJE

V nadstropju poslovnega objekta se bo ogrevanje vršilo s pomočjo konvektorjev, ki so hkrati notranje enote toplotne črpalke zrak – zrak. Hladilno sredstvo priteče v toplotni prenosnik, ki ga sestavljajo aluminijasti lameli in bakrene cevi; v slednjih hladilno sredstvo kondenzira. Prenos toplote s toplotnega prenosnika je prisilen, kar dosežemo s pomočjo centrifugalnega ventilatorja.

Velikostni razred moči konvektorjev za ogrevanje posameznih prostorov so bili izbrani v okviru toplotne črpalke zrak – zrak, s strani podjetja Klima Petek d. o. o., za kar se jim iskreno zahvaljujem.

- ❖ STOJKO, David. Ogrevanje in hlajenje poslovnih prostorov s toplotno črpalko zrak – zrak: Diplomsko delo visokošolskega strokovnega študijskega programa strojništvo. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2011

## **4 IZRAČUN TOPLOTNIH IZGUB OBJEKTA**

### **4.1 Splošno**

Izračun toplotnih izgub objekta je bil narejen po standardu SIST EN 12831:2004.

Standard SIST EN 12831:2004 obravnava toplotne izgube objekta skozi stene objekta in odprtine (oken ali vrat) neposredno na zunanost ali na neogrevane prostore (največkrat klet in podstrešje). Prav tako upošteva toplotne izgube in toplotne dobitke med prostori s temperaturno razliko.

Standard obravnava toplotne izgube objekta s prevodom toplote skozi steno in skozi toplotne mostove. Slednji nastanejo ob stičnih mestih sten, etažnih plošč, ob vratih, oknih itd.

## 4.2 Vhodni podatki

### ZUNANJE TEMPERATURE

Izračun toplotnih izgub objekta se nanaša na neko zunanjo projektno temperaturo. Za mariborsko področje, kjer je zgrajen obravnavan poslovni objekt, velja projektna temperatura transmisijjskega izračuna – 13° C.

Prav tako za transmisijjski izračun potrebujemo povprečno letno temperaturo okoliškega zraka. Za mariborsko področje je povprečna letna temperatura približno 12° C. [11]

### NOTRANJE TEMPERATURE PROSTOROV

Notranje temperature prostorov sem določil po standardu SIST EN ISO 7730:2006. S pomočjo kriterijev PMV in PPD sem določil stopnjo udobja.

PMV            mera za toplotno udobje

PPD            mera za oceno toplotnega udobja

Kriterij PMV sem izračunal po logaritmu, ki ga določa standard SIST EN ISO 7730:2006 in je odvisen od naslednjih podatkov:

- temperature v prostoru;
- vlage v prostoru;
- stopnje dejavnosti ljudi;
- izolacije oblačil.

Večina prostorov obravnavanega poslovnega objekta je v višjem kakovostnem razredu udobja. Posamezne temperature prostorov so prikazane v Tabeli 4.1.

Tabela 4.1: Temperature prostorov

PROSTOR	TEMPERATURA [°C]
Regalno skladišče	18
Prostor za viličarja	18
Klima in ogrevalna strojnica	18
Stopnišča in hodniki	20
WC	20
Garderobe	22
Pisarne	22,5
Predavalnica	22,5
Čajna kuhinja	20
Server	18

## STENE

Podatke o toplotni prehodnosti sten sem pridobil od podjetja, v katerem sem opravljal prakso (IMP ENERGETIKA d. o. o.); to podjetje je pridobilo podatke od arhitekta stavbe.

Za posredovanje podatkov se jim iskreno zahvaljujem.

Obravnavan poslovni objekt je zgrajen iz različnih materialov in tehnik gradnje stavb. Pritličje je v celoti zgrajeno iz siporeksa. Zunanje stene so na zunanji strani poslovnega objekta dodatno izolirane. Zunanje stene nadstropja so zgrajene iz armiranega betona in iz izolacije. Notranji zidovi v nadstropju objekta so polnilni zidovi. Notranja vrata in okna so v obeh nadstropjih enake kakovosti. Posamezni podatki toplotnih prehodnosti sten, oken in vrat, ki sem jih uporabil v diplomski nalogi, so podani v Tabeli 4.2.



Tabela 4.2: Toplotne prevodnosti gradbenih elementov

Elementi	Toplotna prevodnost [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]
zunANJI zid	0,18
talna plošča	0,24
ravna streha	0,19
medetažna plošča	0,32
notranji pregradni zidovi	1,00
okna	1,10
zunANJA vrata	0,77
notranja vrata	1,8
garažna vrata	0,80
viseč strop	0,46

### 4.3 Izračun toplotnih izgub

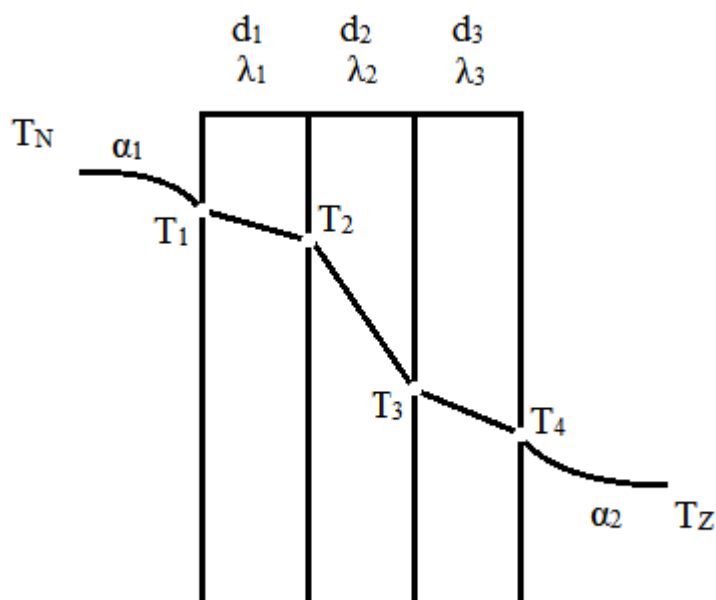
Pri izračunu toplotnih izgub obravnavanega objekta sem upošteval toplotne izgube skozi površine poslovnega objekta ter toplotne izgube pri prezračevanju objekta.

Toplotne izgube skozi površine stene so manjše, če se material stene čim bolj upira prehodu toplote skozi steno. Govorimo o toplotni upornosti, ki je sestavljena iz prevoda toplote in prestopa toplote. Izračun toplotne upornosti stene je prikazan po enačbe 4.1, posamezni koeficienti pa so predstavljeni na Sliki 4.1.

$$R = \frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (4.1)$$

kjer v enačbi nastopajo:

R	[m <sup>2</sup> K/W]	toplotna upornost stene
$\alpha$	[W/m <sup>2</sup> K]	toplotna prestopnost
d	[m]	debelina posamezne sestavine stene
$\lambda$	[W/mK]	toplotna prevodnost



Slika 4.1: Primer toplotnega toka skozi steno.

V nadaljevanju sem izračunal toplotni tok skozi steno, ki ga definira enačba 4.2.

$$\phi = \frac{A \cdot \Delta \vartheta}{R} = \frac{A \cdot (\vartheta_N - \vartheta_Z)}{R} \quad (4.2)$$

kjer so:

$\phi$	[W]	toplotni tok
A	[m <sup>2</sup> ]	površina stene
$\vartheta_N$	[K]	temperatura prostora na notranji strani stene
$\vartheta_Z$	[K]	temperatura prostora na zunanji strani stene
R	[m <sup>2</sup> K/W]	toplotna upornost stene

Toplotno upornost lahko zapišemo tudi

$$R = \frac{1}{U} \quad (4.3)$$

tedaj sledi, da je toplotni tok:

$$\phi = A \cdot \Delta \vartheta \cdot U \quad (4.4)$$

V izračunu sem upošteval tudi toplotni tok iz ogrevanega toplejšega prostora v ogrevan hladnejši prostor in iz ogrevanega prostora v neogrevan prostor.

Kot sem že napisal, so bile v izračunu toplotnih izgub objekta upoštevane tudi toplotne izgube, ki nastanejo pri prezračevanju. Prezračevanje je lahko naravno ali prisilno, kot je v mojem primeru.

Ventilacijske izgube predstavlja enačba (4.5):

$$\phi = 0,34 \cdot V_{min} \cdot (\vartheta_{int,i} - \vartheta_e) \quad (4.5)$$

## PRIMER TRANSMISIJSKEGA IZRAČUNA

V nadaljevanju diplomskega dela bom predstavil izračun toplotnih izgub obravnavanega objekta po standardu SIST EN 12831:2004, na primeru izbranega prostora. Predstavil bom poenostavljeno metodo izračuna toplotnih izgub izbranega prostora.

Poenostavljena metoda se začne s podanimi projektnimi temperaturami (za zunanjo in notranjo). Zunanja projektna temperatura za mariborsko območje znaša  $-13^{\circ}\text{C}$ , notranja projektna temperatura pisarn pa znaša  $22,5^{\circ}\text{C}$ .

V primeru izračuna toplotnih izgub posameznega prostora bom izračunal toplotne izgube prostora N\_04.

Transmisijske izgube  $\phi_{T,i}$  opisuje enačba (4.6)

$$\phi_{T,i} = \sum_k f_k \cdot A_k \cdot U_k \cdot (\vartheta_{int,i} - \vartheta_e) \quad (4.6)$$

kjer so preostali faktorji:

$f_k$	[/]	temperaturni korekcijski faktor, ki je odvisen od lege gradbenega elementa (odčitamo ga iz dodatka k standardu, in sicer s tabele D.7.2)
$A_k$	[m <sup>2</sup> ]	površina obravnavanega gradbenega elementa (okna, stena, vrata ...)
$U_k$	[W/m <sup>2</sup> K]	toplotna prevodnost gradbenega elementa
$\vartheta_{int,i}$	[K]	notranja projektna temperatura prostora
$\vartheta_e$	[K]	zunanja projektna temperatura

Za izračun transmisije zunanje stene se mora izračunati površina stene. Dimenzije stene so naslednje: dolžina 2,78 m in višina 2,70 m.

$$A_{S1,C} = l_{S1} \cdot h_{S1} = 2,78m \cdot 2,70m = 7,51 m^2$$

Površini stene se mora seveda odšteti površina okna, katera je dimenzij: dolžina 160 cm in višina 140 cm.

$$A_O = l_O \cdot h_O = 1,60m \cdot 1,40m = 2,24 m^2$$

Obravnavana površina stene je tako:

$$A_{S1} = A_{S1,C} - A_O = 7,51m^2 - 2,24m^2 = 5,27 m^2$$

Temperaturni korekcijski faktor odčitamo s Tabele D.7.2, ki je priložena v aneksu k standardu, in znaša 1,00. Toplotni prevodnosti stene in okna sta podani v zgornji Tabeli\_\_ .

V nadaljevanju lahko izračunamo transmisijske izgube zunanje stene obravnavanega prostora ter okna.

Transmisijske izgube zunanje stene:

$$\begin{aligned}\phi_{T,S1} &= f_S \cdot A_{S1} \cdot U_{S1} \cdot (\vartheta_{int,s} - \vartheta_e) = 1,40 \cdot 5,27m^2 \cdot 0,18 \frac{W}{m^2K} \cdot (22,5 - (-13)) \\ &= 47,15W\end{aligned}$$

Transmisijske izgube okna:

$$\begin{aligned}\phi_{T,O} &= f_O \cdot A_O \cdot U_O \cdot (\vartheta_{int,o} - \vartheta_e) = 1,40 \cdot 2,24m^2 \cdot 1,10 \frac{W}{m^2K} \cdot (22,5 - (-13)) \\ &= 122,46W\end{aligned}$$

Ker obravnavam toplotne izgube neposredno na zunanost, moram upoštevati tudi toplotne izgube skozi ravno streho.

Površina stropa v prostoru:

$$A_{RS} = a_{RS} \cdot b_{RS} = 5,13m \cdot 2,78m = 14,26m^2$$

Transmisijske izgube skozi ravno streho:

$$\begin{aligned}\phi_{T,RS} &= f_{RS} \cdot A_{RS} \cdot U_{RS} \cdot (\vartheta_{int,RS} - \vartheta_e) = 1,40 \cdot 14,26m^2 \cdot 0,19 \frac{W}{m^2K} \cdot (22,5 - (-13)) \\ &= 134,66W\end{aligned}$$

Prav tako lahko upoštevam toplotni tok, ki nastane pri temperaturni razliki prostorov. Tak toplotni tok se lahko v izračunu pokaže kot toplotni dobitok ali kot toplotne izgube posameznega prostora. Ker ima hodnik nižjo temperaturo, 20° C, je toplotni tok v smeri iz pisarne v hodnik. Ravno tako ima regalno skladišče, ki se nahaja pod pisarnami, nižjo temperaturo, 18° C, kot je v pisarnah. Tudi v tem primeru je toplotni tok iz pisarne v regalno skladišče, torej nastopajo v obeh primerih toplotne izgube.

Pri izračunu toplotnega toka med sosednjimi ogrevanimi prostori različnih temperatur se temperaturni korekcijski faktor definira po enačbi 4.7.

$$f_{ij} = \frac{\vartheta_{int,i} - \vartheta_{adjacent\ space}}{\vartheta_{int,i} - \vartheta_e} \quad (4.7)$$

kjer so:

$f_{ij}$	[/]	temperaturni korekcijski faktor
$\vartheta_{int,i}$	[K]	notranja projektna temperatura prostora
$\vartheta_{adj.space}$	[K]	projektna temperatura sosednjega prostora
$\vartheta_e$	[K]	zunanja projektna temperatura

Z znanimi enačbami lahko izračunamo toplotna tokova iz pisarne v hodnik in regalno skladišče.

Dimenzije notranje stene, ki je med prostoroma, so: dolžina 2,87 m in višina 2,70 m. Upoštevati moramo še notranja vrata, katerih širina je 120 cm in višina 245 cm.

Površina bruto notranje stene:

$$A_{S2,C} = l_{S2} \cdot h_{S2} = 2,78 \text{ m} \cdot 2,70 \text{ m} = 7,51 \text{ m}^2$$

Površina notranjih vrat:

$$A_V = l_V \cdot h_V = 1,2 \text{ m} \cdot 2,45 \text{ m} = 2,94 \text{ m}^2$$

Površina neto notranje stene:

$$A_{S2} = A_{S2,C} - A_V = 7,51 \text{ m}^2 - 2,94 \text{ m}^2 = 4,57 \text{ m}^2$$

Izračunati je še potrebno temperaturni korekcijski faktor:

$$f_{ij} = \frac{\vartheta_{int,i} - \vartheta_{adjacent\ space}}{\vartheta_{int,i} - \vartheta_e} = \frac{22,5 - 20}{22,5 - (-13)} = 0,07$$

Toplotne prevodnosti notranje stene in notranjih vrat so podane v zgornji tabeli, tako lahko izračunam toplotna tokova.

Toplotni tok skozi notranjo steno:

$$\begin{aligned} \phi_{T,S2} &= f_{ij} \cdot A_{S2} \cdot U_{S2} \cdot (\vartheta_{int,S2} - \vartheta_{adj.space}) = 0,07 \cdot 4,57 \text{ m}^2 \cdot 1,00 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \cdot (22,5 - 20) \\ &= 0,80 \text{ W} \end{aligned}$$

Toplotni tok skozi notranja vrata:

$$\begin{aligned}\phi_{T,V} &= f_{ij} \cdot A_V \cdot U_V \cdot (\vartheta_{int,V} - \vartheta_{adj.space}) = 0,07 \cdot 2,94m^2 \cdot 1,80 \frac{W}{m^2K} \cdot (22,5 - 20) \\ &= 0,93W\end{aligned}$$

Na podoben način se izračuna toplotni tok iz pisarne v regalno skladišče, skozi talno ploščo. Velikost površine tal je enaka kot površina stropa:

$$A_{RS} = A_T = 14,26m^2$$

Toplotno prevodnost lahko odčitam iz zgornje tabele. Potrebujem še temperaturni korekcijski faktor za novo temperaturno razliko.

$$f_{ij} = \frac{\vartheta_{int,i} - \vartheta_{adjacent space}}{\vartheta_{int,i} - \vartheta_e} = \frac{22,5 - 18}{22,5 - (-13)} = 0,13$$

Z vsemi znanimi podatki lahko izračunam toplotno izgubo iz pisarne v regalno skladišče.

$$\begin{aligned}\phi_{T,T} &= f_{ij} \cdot A_T \cdot U_T \cdot (\vartheta_{int,T} - \vartheta_{adj.space}) = 0,13 \cdot 14,26m^2 \cdot 0,32 \frac{W}{m^2K} \cdot (22,5 - 18) \\ &= 2,67W\end{aligned}$$

Ker prostor ne meji na tla, nima toplotnih izgub skozi tla. Transmisijske toplotne izgube se seštejejo v celoto.

$$\begin{aligned}\phi_T &= \phi_{T,S1} + \phi_{T,O} + \phi_{T,RS} + \phi_{T,S2} + \phi_{T,V} + \phi_{T,T} \\ \phi_T &= 47,15W + 122,46W + 134,66W + 0,80W + 0,93W + 2,67W = 308,67W\end{aligned}$$

Upoštevati je potrebno le še ventilacijske toplotne izgube.

$$\phi_V = 0,34 \cdot V_{min} \cdot (\vartheta_{int,i} - \vartheta_e) \quad (4.8)$$

kjer so:

$\phi_V$	[W]	ventilacijske izgube
$V_{min}$	[m <sup>3</sup> /h]	minimalna predpisana količina zraka
$\vartheta_{int,u}$	[K]	notranja projektna temperatura
$\vartheta_e$	[K]	zunanja projektna temperatura

Za izračun ventilacijskih izgub potrebujem še enačbo 4.9 za minimalno predpisano količino zraka.

$$V_{min,i} = n_{min} \cdot V_i \quad (4.9)$$

kjer so:

$V_{min,i}$	$[m^3/h]$	minimalna predpisana količina zraka
$n_{min}$	$[h^{-1}]$	minimalna izmenjava zraka na uro
$V_i$	$[m^3]$	volumen prostora

Podatek o minimalni izmenjavi zraka na uro odčitam iz dodatka k standardu D.6 in znaša za pisarniške prostore  $n_{min} = 1,0$ .

$$V_{min,i} = n_{min} \cdot V_i = 1,0h^{-1} \cdot 38,51m^3 = 38,51 \frac{m^3}{h}$$

Ventilacijske izgube prostora so tako:

$$\phi_V = 0,34 \cdot V_{min} \cdot (\vartheta_{int,i} - \vartheta_e) = 0,34 \cdot 38,51 \frac{m^3}{h} \cdot (22,5 - (-13)) = 464,82W$$

Obravnavan prostor nima drugih toplotnih izgub ali toplotnih dobitkov. Prav tako se prostora ne ogreva s prekinitvijo, saj bi le-to morali v nasprotnem primeru upoštevati. Tako se lahko po enačbi 4.10 opišejo toplotne izgube prostora.

$$\phi_i = (\phi_{T,i} + \phi_{V,i}) \cdot f_{\Delta\vartheta,i} \quad (4.10)$$

kjer so:

$\phi_i$	$[W]$	skupne toplotne izgube prostora
$\phi_{T,i}$	$[W]$	transmisijske toplotne izgube prostora
$\phi_{V,i}$	$[W]$	ventilacijske toplotne izgube prostora
$f_{\Delta\vartheta,i}$	$[/]$	temperaturni korekcijski faktor

V nadaljevanju sledi:

$$\phi_i = (\phi_{T,i} + \phi_{V,i}) \cdot f_{\Delta\vartheta,i} = (308,67W + 464,82W) \cdot 1,00 = 773,49W$$



#### 4.4 Rezultati toplotnih izgub

V diplomskem delu sem izračun toplotnih izgub obravnavanega poslovnega objekta izdelal v programu Microsoft Excel. Izračun je izdelan po daljši metodi standarda SIST EN 12831:2004.

Največja toplotna moč, ki jo je potrebno zagotavljati za ogrevanje obravnavanega poslovnega objekta, znaša: **28,038 kW**.

Posamezni podatki toplotnih izgub prostorov so prikazani v Tabeli 4.3.

Tabela 4.3: Rezultati toplotnih izgub prostorov

Prostor	Transmisijske izgube	Ventilatorske izgube	Skupne toplotne izgube
	W	W	W
PRTLJIČJE			
P_01	3366,394	846,682	4213,076
P_02	1095,581	141,379	1236,960
P_03	-0,708	0,000	-0,708
P_04	499,664	46,475	546,139
P_05	695,495	159,396	854,891
P_06	245,772	80,784	326,556
P_07	70,789	53,856	124,645
P_08	297,508	5,336	302,844
P_09	150,028	1,916	151,944
NADSTROPJE			
N_01	540,880	423,005	963,885
N_02	497,856	423,512	921,368
N_03	1414,205	842,259	2256,464
N_04	355,129	269,779	624,908
N_05	384,159	270,247	654,406
N_06	733,237	543,676	1276,913
N_07	396,205	272,922	669,127
N_08	1052,029	540,509	1592,538
N_09	1163,935	553,125	1717,060
N_10	407,700	778,790	1186,490
N_11	1350,705	716,408	2067,113
N_12	760,862	2063,970	2824,832
N_13	45,861	0,000	45,861
N_14	1174,824	1213,732	2388,556
N_15	479,038	33,539	512,577
N_16	552,633	26,484	579,117
Skupaj	17729,781	10307,781	28037,562

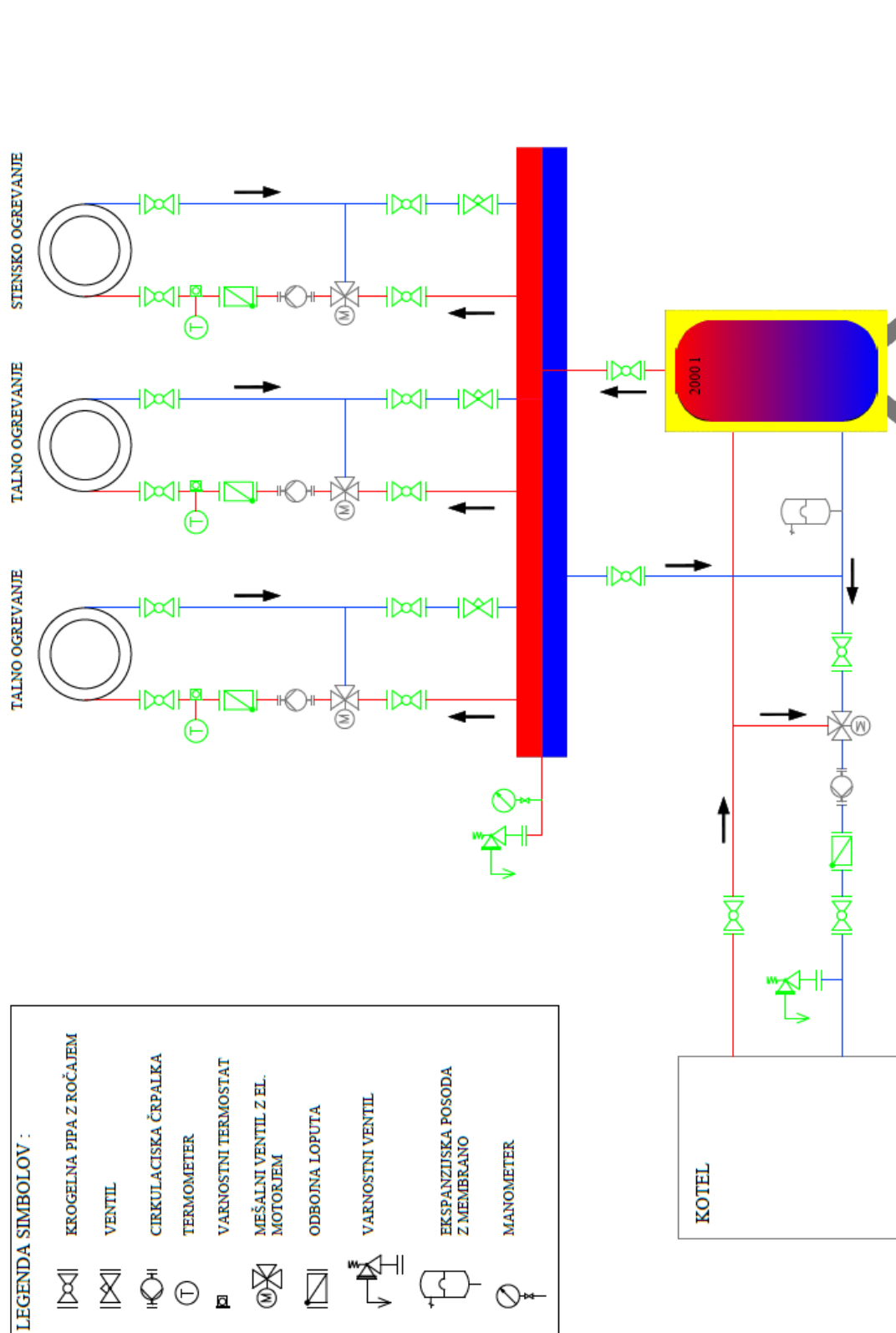
## 5 PRIMERJAVA INVESTICIJ

### 5.1 Ogrevalni sistem na sekance

Kotlovnica za ogrevalni sistem na sekance je prikazana na spodnji sliki. V grobem ogrevalni sistem sestavljajo:

- kotel;
- zalogovnik tople vode;
- razdelilnik;
- toplotni porabniki;
- cevi;
- drugi sestavni elementi.

Izbira posameznih sestavin ogrevalnega sistema na sekance je razvidna iz popisa materiala in del, Tabela 5.1.



Slika 5.1: Hidravlična shema ogrevalnega sistema na sekance.

**POPIS MATERIALA IN DEL**

Tabela 5.1: Popis materiala in del za ogrevalni sistem na sekance [15], [16], [17], [18]

		EM	KOL	CENA	CENA × KOL
		/	/	€	€
1	TOPLOTNA POSTAJA NA BIOMASO				
	Krogelna pipa z ročajem DN 20	kos	12	10,17	122,04
	DN 25	kos	5	15,58	77,90
	Ventil za hidravlično uravnovešanje Danfoss, DN 20	kos	3	165,13	498,39
	Cirkulacijska črpalka Grundfos:				
	UPS 25-40-180	kos	2	143,47	286,94
	UPS 25-60-180	kos	2	174,05	348,10
	Termometer	kos	3	10,72	32,16
	Varnostni termostat	kos	3	142,41	427,23
	Cevi				
	Cu DN 25	m	7	12,73	89,11
	Cu DN 20	m	105	9,24	970,20
	Izolacija iz IP plošč 13mm	m <sup>2</sup>	16,2	12,51	202,66
	Mešalni ventil Danfoss DN 20	kos	3	110,62	331,86
	Danfoss DN 25	kos	1	112,30	112,30
	El. motor	kos	4	137,20	548,80
	Odbojna loputa DN 20	kos	3	10,56	31,68
	DN 25	kos	1	14,32	14,32
	Varnostni ventil	kos	1	38,09	38,09
	Raztezna posoda ZILMET 18l	kos	1	36,11	36,11
	ZILMET 250l	kos	1	713,69	713,69
	Manometer	kos	1	12,43	12,43
	Zalogovnik tople vode Cardivali 2000l	kos	1	3638,3	3638,30
	Razdelilnik Danfoss FHF - 9F	kos	1	408,05	408,05
	Danfoss FHF – 3F	kos	1	134,87	134,87
	Danfoss FHF – 7F	kos	1	333,81	333,81
	Danfoss FHF – 5F	kos	1	183,02	183,02
	Danfoss FHF – 6F	kos	2	266,44	532,88
	Kotel KWB Multifire tip USV D 40	kos	1	22557	22557,15
	Zalogovnik za sekance Dozirna naprava za KWB Multifire USV D	kos	1	1087,2	1087,20
2	TOPLOTNI PORABNIKI				
	Cevi za talno gretje PEX-a 14×2 mm, s kabelsko vezico (pakirano 240 m)	kos	1	1,54	1,54
	PEX-a 14×2 mm, s pritrdilno ploščo z izolacijo (pakirano 200 m)	kos	2	2,17	4,34

	PEX-a 9,9×1,1 mm, za samolepilno pritrdilno ploščo (pakirano 120 )	kos	1	1,63	1,63
	Kabelske vezice, za pritrjevanje Uponor cevi za talno ogrevanje, (pakirano 1000 kosov).	kos	1	0,15	0,15
	Uponor sistemska plošča z izolacijo, za pritrjevanje cevi za talno ogrevanje. Pakirano v 10 m <sup>2</sup> )	kos	4	15,47	61,88
	Samolepilna pritrdilna plošča (pakirano 12,5 m <sup>2</sup> )	kos	6	10,78	64,68
	Cevi za stensko ogrevanje PEX-a 9,9×1,1 mm, za stensko oz. stropno tehniko (pakirano 240 m)	kos	4	1,63	6,52
	Uponor držalo za cevi PEX-a 9,9 mm (pakirano po 25 m)	kos	40	3,37	134,80
3	DELA Montažna dela	h	500	15,00	7500,00

Iz popisa materiala in del so razvidne cene posameznega materiala oziroma investicija posameznih skupin in skupni stroški ogrevalnega sistema.

Toplotna postaja na biomaso za ogrevanje objekta poglavje 1, brez upoštevanja cene dela, znaša 33.769,29 evrov.

Največja investicija pri izdelavi toplotne postaje na biomaso za ogrevanje objekta je vsekakor kotel ter potreben zalogovnik goriva – sekancev. V kolikor odštejemo njuno ceno, se cena toplotne postaje zniža na 10.124,94 evrov.

V poglavju 2 sem obravnaval ceno investicije toplotnih porabnikov. Cena investicije talnega ogrevanja v pritličju objekta znaša 134,22 evrov, cena investicije stenskega ogrevanja v nadstropju objekta pa znaša 141,32 evrov.

Skupna cena investicije talnega ogrevanja in stenskega ogrevanja znaša 275,54 evrov.

V zadnjem poglavju sem obravnaval stroške montažnega dela. Za ceno delovne ure monterja sem predvidel 15 evrov. Na objektu je dela približno za 500 ur. V kolikor bi delali trije monterji 9 ur na dan, bi bila predvidena strojna dela končana v 20-ih dneh. Stroški dela bi tako znašali 7.500,00 evrov.

Cena investicije ogrevalnega sistema na sekance bi znašala 41.544,83 evrov.

**CENA PORABE GORIVA**

V Tabeli 5.2) je prikazan strošek kurjave za posamezen mesec v kurilni sezoni. Cena enega kubičnega metra sekancev znaša 18 evrov.

Sezonska poraba sekancev znaša	130,19 m <sup>3</sup>
Sezonski strošek za kurjavo	2.343,47 evrov

Tabela 5.2: Prikaz izračuna porabe goriva – sekanci

		KOTEL NA SEKANCE												skupaj
	enota	OKT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ					
št. Dni	/	31	30	31	31	31	28	31	30	31	31	30	31	
št.ur	h	744	720	744	744	744	672	744	720	744	744	720	744	
zun. Temp	°C	10,70	8,00	1,20	1,50	-1,80	20,88	9,30	11,60	16,10	20,88	20,88	20,88	
not. Povp.	°C	20,88	20,88	20,88	20,88	20,88	20,88	20,88	20,88	20,88	20,88	20,88	20,88	
prostornina	m3	3695,40	3695,40	3695,40	3695,40	3695,40	3695,40	3695,40	3695,40	3695,40	3695,40	3695,40	3695,40	
temp. razlika	/	10,18	12,88	19,68	19,38	22,68	11,58	9,28	4,78					
poraba	J	47711493	60365818,24	92235971	90829935	1,06E+08	54272995	43493385	22402842					
poraba	kWh	9860,38	12073,16	19062,10	18771,52	19841,98	11216,42	8698,68	4629,92					104154,16
št. Obr. Ur	h	281,73	344,95	544,63	536,33	566,91	320,47	248,53	132,28					2975,83
prostornina sek.	m3	12,33	15,09	23,83	23,46	24,80	14,02	10,87	5,79					130,19
cena	€	221,86	271,65	428,90	422,36	446,44	252,37	195,72	104,17					2343,47



## PRIMERJAVA S PELETI

Tabela 5.3: Prikaz izračuna porabe goriva – peleti

KOTEL NA PELETE											
enote	OKT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	skupaj		
št. Dni	31	30	31	31	28	31	30	31			
št.ur	744	720	744	744	672	744	720	744			
zun. Temp	10,7	8	1,2	1,5	-1,8	9,3	11,6	16,1			
not. Povp.	20,88	20,88	20,88	20,88	20,88	20,88	20,88	20,88			
prostornina	3695,40	3695,40	3695,40	3695,40	3695,40	3695,40	3695,40	3695,40			
temp. razlika	10,18	12,88	19,68	19,38	22,68	11,58	9,28	4,78			
poraba	47711493	60365818,24	92235971	90829935	106296332	54272995	43493385	22402842			
poraba	9860,38	12073,16	19062,10	18771,52	19841,98	11216,42	8698,68	4629,92			
št. Obr. Ur	281,73	344,95	544,63	536,33	566,91	320,47	248,53	132,28			
masa peletov	1826,00	2235,77	3530,02	3476,21	3674,44	2077,11	1610,87	857,39			
masa peletov	1,83	2,24	3,53	3,48	3,67	2,08	1,61	0,86			
cena	436,41	534,35	843,67	830,81	878,19	496,43	385,00	204,92			
									104154,16		
									2975,83		
									19,29		
									4609,79		

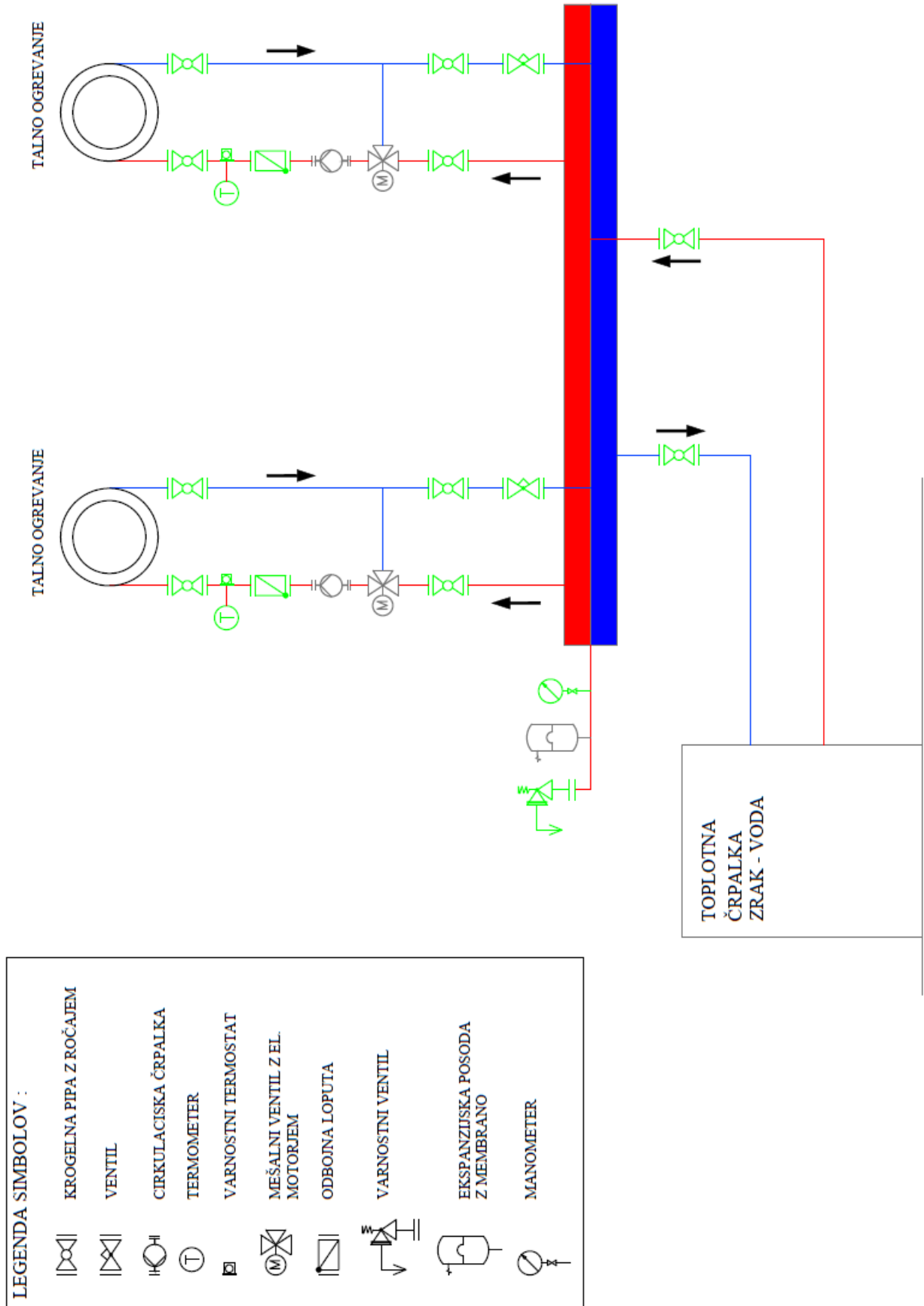
Primerjava stroška energenta za kurilno sezono med sekanci in peleti je pokazala, da so sekanci mnogo cenejši od peletov.

V kurilni sezoni bi za ogrevanje obravnavanega poslovnega objekta porabili 19,3 tone peletov. Cena ene tone peletov znaša 239 evrov, kar pomeni, da je strošek goriva v eni kurilni sezoni 4.609,79 evrov. V obravnavanem primeru so peleti dražji za 2.266,32 evrov od lesnih sekancev.

## **5.2 Ogrevanje s toplotno črpalko**

Ker sta bili v diplomskem delu predvideni dve vrsti toplotnih črpalk zrak – voda za ogrevanje pritličja in zrak – zrak za ogrevanje nadstropja, sem podatke o investiciji podal ločeno.

### **HIDRAVLIČNA SHEMA IN POPIS MATERIALA ZA TOPLOTNO ČRPALKO ZRAK – VODA**



Slika 5.2: Hidravlična shema toplotne črpalke zrak – voda.

Tabela 5.4 Popis materiala in del toplotna črpalka zrak – voda [16], [17], [18]

	EM	KOL	CENA	CENA × KOL
	/	/	€	€
1	TOPLOTNA POSTAJA ZRAK – VODA			
	Krogelna pipa z ročajem			
	kos	2	10,17	20,34
	kos	8	24,92	199,36
	Ventil za hidravlično uravnovešenje			
	kos	2	165,13	330,26
	Cirkulacijska črpalka			
	Grundfos:			
	kos	2	253,29	506,58
	ALPHA 2 25-40-180			
	kos	2	10,72	31,44
	Termometer			
	kos	2	142,41	284,82
	Varnostni termostat			
	Cevi			
	m	48	7,57	363,36
	m	7	9,24	64,68
	Cu DN 16			
	Cu DN 20			
	m <sup>2</sup>	16,2	12,51	202,66
	Izolacija iz IP plošč 13mm			
	kos	2	110,62	221,24
	kos	2	137,20	274,40
	Mešalni ventil			
	Danfoss DN 20			
	El. motor			
	kos	2	22,72	45,44
	Odbojna loputa			
	kos	1	38,09	38,09
	Varnostni ventil			
	kos	1	41,50	41,50
	Raztezna posoda			
	ZILMET 25I			
	kos	1	12,43	12,43
	Manometer			
	kos	1	183,02	183,02
	kos	2	266,44	532,88
	Razdelilnik			
	Danfoss FHF – 5F			
	Danfoss FHF – 6F			
	kos	1	13044	13044,00
	Toplotna črpalka zrak-voda			
	Viessmann Vitocal 300-A			
2	TOPLOTNI PORABNIKI (talno gretje)			
	Cevi za talno gretje			
	kos	1	1,54	1,54
	PEX-a 14×2 mm, s kabelsko vezico (pakirano 240 m)			
	kos	2	2,17	4,34
	PEX-a 14×2 mm, s pritrdilno ploščo z izolacijo (pakirano 200 m)			
	kos	1	1,63	1,63
	PEX-a 9,9×1,1 mm, za samolepilno pritrdilno ploščo (pakirano 120 )			
	kos	1	0,15	0,15
	Kabelske vezice, za pritrjevanje Uponor cevi za talno ogrevanje, (pakirano 1000 kosov).			
	kos	4	15,47	61,88
	Uponor sistemska plošča z izolacijo, za pritrjevanje cevi za talno ogrevanje. Pakirano v 10 m <sup>2</sup> )			
	kos	6	10,78	64,68
	Samolepilna pritrdilna plošča (pakirano 12,5 m <sup>2</sup> )			
3	DELA			
	h	300	15,00	4500
	Montažna dela			

V prvem poglavju sem obravnaval toplotno postajo za toplotno črpalko zrak – voda. Cena investicija v takšno toplotno postajo, kot je prikazana na Sliki 5.2, je 16.397,50 evrov. Največji strošek toplotne postaje predstavlja toplotna črpalka, njena cena je 13.044,00 evrov.

V drugem poglavju sem obravnaval ceno investicije v grelna telesa. Cena investicije za ogrevanje pritličja znaša 136,22 evrov.

V tretjem poglavju sem predvidel število ur za montažna dela. Predvideno število delovnih ur, potrebnih za izdelavo strojnih del, je 300 ur. Cena ene delovne ure znaša 15 evrov, celoten strošek del tako znaša 4.500,00 evrov.

Celotna investicija za ogrevanje pritličja znaša 21.033,72 evrov.

### **HIDRAVLIČNA SHEMA TOPLOTNE ČRPALKE ZRAK – ZRAK**

Hidravlična shema toplotne črpalke je priložena v prilogi. Shemo je izdelalo podjetje Klima Petek d. o. o., za kar se jim iskreno zahvaljujem.

### **STROŠKI INVESTICIJE**

Prav tako je bila s strani podjetja Klima Petek d. o. o. podana približna cena investicije v sistem toplotne črpalke zrak – zrak.

Podana cena investicije s strani podjetja Klima Petek d. o. o. zajema zunanjo enoto toplotne črpalke, notranje enote toplotne črpalke, ves potreben material (bakrene povezave z izolacijo, odcepe ...), montažo, kabliranje med enotami sistema in lokalne žične stenske regulatorje.

Strošek investicije: 40.948,40 evrov.

**CENA PORABE ENERGIJE**

V spodnji dveh tabelah sta prikazana stroška porabljene energije v kurilni sezoni. Za ceno ene kilovatne ure sem uporabil podatek iz Petrolove spletne strani za enotno tarifo in znaša 0,07293 €/kWh.

Toplotna črpalka zrak – voda porabi v kurilni sezoni 13.290,38 kWh električne energije. Sezonski strošek porabe energije tako znaša 953,45 evrov.

Toplotna črpalka zrak – zrak porabi v kurilni sezoni 15.678,00 kWh električne energije. Sezonski strošek porabe energije tako znaša 1.073,09 evrov.

Skupen strošek porabljene električne energije v kurilni sezoni tako znaša 2.026,54 evrov.

Tabela 5.5: Izračun porabe energije TČ zrak – voda [19]

TOPLOTNA ČRPALKA ZRAK-VODA											
	OKT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ			
enota											skupaj
Električna moč	2,4	2,38	2,31	2,31	2,31	2,2	2,4	2,4	2,4	2,48	
Moč grelnika	0	0	0,5	0,5	0,5	1	0	0	0	0	
COP	5,1	4,42	3,9	3,9	3,9	3,5	5,1	5,1	5,1	4,96	
št. Dni	31	30	31	31	31	28	31	31	30	31	
št.ur	744	720	744	744	744	672	744	744	720	744	
porabe	6696	6480	6696	6696	6696	6048	6696	6696	6480	6696	
dej. Pora. El.	1312,94	1466,06	1716,92	1716,92	1716,92	1728,00	1312,94	1270,59	1270,59	1350,00	
dodatek el. Grelnik	0	0	372	372	372	672	0	0	0	0	
mesečna poraba	1312,94	1466,06	2088,92	2088,92	2088,92	2400,00	1312,94	1270,59	1270,59	1350,00	13290,38
mesečni strošek	94,19	105,18	149,86	149,86	149,86	172,18	94,19	91,15	91,15	96,85	953,45



Tabela 5.6: Prikaz izračuna porabe energije TČ zrak – zrak [19]

TOPLOTNA ČRPALKA ZRAK - ZRAK											
	OKT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ			
enota											
št. Dni	31	30	31	31	31	28	31	30	31		31
Električna poraba	1,67	2,47	2,67	2,43	2,05	2,018	1,65	0,72			
Električna poraba	1670	2470	2670	2430	2050	2018	1650	720			
mesečni strošek	119,81	177,20	191,55	174,33	147,07	144,77	118,37	51,65			
											15678
											1073,09
											skupaj

### 5.3 Primerjava rezultatov

V tem poglavju bom primerjal stroške investicij in stroške porabe goriva oziroma električne energije med ogrevalnim sistemom na sekance in med ogrevalnim sistemom s toplotnima črpalkama, za izbrani poslovni objekt.

#### PRIMERJAVA INVESTICIJ

Podatki cen investicij:

Sistem ogrevanja na sekance: 41.544,83 evrov

Toplotni črpalki: 21.033,72 € + 40.948,40 € 61.982,12 evrov

Primerjava cen ogrevalnih sistemov nam pokaže, da je sistem ogrevanja na sekance cenejši za 20.437,29 evrov.

Potrebno je povedati, da pri ceni investicije ogrevalnega sistema na sekance in ogrevalnega sistema s toplotno črpalko zrak – voda za ogrevanje pritličja nisem upošteval cene lokalnih žičnih stenskih regulatorjev.

Prav tako v ceno investicije pri ogrevalnem sistemu na sekance ni bil zajet strošek za izgradnjo dimnika, kar bi zagotovo investicijo nekoliko podražilo. Upoštevati je še potrebno letni strošek čiščenja dimnika in pregledovanja dimnika s strani dimnikarja.

#### PRIMERJAVA CEN PORABLJENE ENERGIJE

Podatki cen porabljene energije oziroma goriva:

Biomasa – sekanci: 2.343,47 evrov

Električna energija toplotnih črpalk: 2.026,54 evrov

Iz podanih podatkov je razvidno, da je sezonski strošek električne energije toplotnih črpalk nekoliko nižji, za 316,93 evrov, od lesne biomase – sekancev.

**PRIMERJAVA SPLOŠNO**

V kolikor primerjavam cene obravnavanih ogrevalnih sistemov za obravnavan poslovni objekt, ugotovim, da dražji ter učinkovitejši toplotni črpalki svojo ceno unovčita približno po 60-ih letih glede na cenejši in nekoliko bolj potraten sistem ogrevanja na lesno biomaso – sekanci.

## 6 SKLEP

Diplomsko delo je bilo izdelano z namenom primerjave dveh načinov ogrevanja poslovnega objekta. Primerjal sem dva energenta: lesno biomaso – sekance, pri čemer se je predvidelo talno ogrevanje pritličja, in stensko ogrevanje v nadstropju objekta. Drugi energent je bila električna energija – toplotni črpalki. S toplotno črpalko zrak – voda se je ogrevalo pritličje s talnim načinom ogrevanja in s toplotno črpalko zrak – zrak na konvektorski način ogrevanja prostorov nadstropja objekta.

Primerjal sem predvsem stroške posameznih investicij v ogrevalna sistema in stroške porabljene energije oziroma goriva skozi kurilno sezono.

Iz podanih podatkov je razvidno, da je investicija v ogrevalni sistem na lesno biomaso – sekance cenejša. Razlika v ceni investicije med ogrevalnim sistemom na lesno biomaso – sekanci in ogrevalnim sistemom s toplotnima črpalkama je 20.437,29 evrov.

Primerjava cen porabljene energije je razkrila, da je električna energija nekoliko cenejša od lesnih sekancev. Z ogrevalnim sistemom na lesne sekance bi v primerjavi z ogrevalnim sistemom na lesno biomaso – sekanci privarčevali 316,93 evrov.

Pri ogrevalnem sistemu na sekance je poleg sezonskega stroška porabljene energije potrebno prišteti čiščenje in pregledovanje dimnika, kar pri ogrevalnem sistemu na toplotni črpalki ni potrebno. Delovanje toplotne črpalke je tudi bistveno manj obremenjujoče za okolje kot delovanje majhnih kurilnih naprav na lesno biomaso.

## 7 VIRI

- [1] Darko Hrovatin, Lojze Šubic, Kotli na lesno biomaso za centralno ogrevanje : čista energija iz gozda: vodnik. Ljubljana: Agencija za prestrukturiranje energetike, 2000
- [2] Toplotna črpalka [svetovni splet]. Dostopno na: WWW: <http://toplotnacrpalka.org/> [15.6.2013]
- [3] Wikipedija prosta enciklopedija: Toplotna črpalka [svetovni splet]. Dostopno na: WWW: [http://sl.wikipedia.org/wiki/Toplotna\\_%C4%8Drpalka](http://sl.wikipedia.org/wiki/Toplotna_%C4%8Drpalka) [15.6.2013]
- [4] Viessmann: Navodila za projektiranje Vitocal 300-A [svetovni splet]. Dostopno na: WWW: [http://www.viessmann.si/content/dam/Internet-si/Navodila\\_za\\_projektiranje\\_NOVI/NP\\_Vitocal%20300-350-A\\_5839437\\_5-2012.pdf](http://www.viessmann.si/content/dam/Internet-si/Navodila_za_projektiranje_NOVI/NP_Vitocal%20300-350-A_5839437_5-2012.pdf) [10.5.2013]
- [5] Učinkovitost toplotne črpalke v praksi: princip delovanja v log p – h diagramu [svetovni splet]. Bojan Grobovšek u.d.o.str. Dostopno na: WWW: <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT380.htm> [17.6.2013]
- [6] Ordinat Mühendislik: klima Sistemleri:VRF Sistemler [svetovni splet]. Dostopno na: WWW: <http://www.ordinatmuhendislik.com/vrfsistemler.html> [9.7.2013]
- [7] Samsung system AC [svetovni splet]. Dostopno na: WWW: <http://www.samsungsystemac.com/html/> [8.7.2013]
- [8] 2012\_SAC\_Catalog\_USP\_Book\_ver1.0\_(120111).pdf [svetovni splet]. Dostopno na: WWW: [www.dvmsystem.com](http://www.dvmsystem.com) [8.7.2013]
- [9] Uponor talno ogrevanje Sistem hišnega udobja: katalog izdelkov 2010 [svetovni splet]. Dostopno na: WWW: [http://www.uponor.si/~media/Files/Uponor/Slovenia/Product%20catalogue/2010/Uponor\\_TALNO\\_SI\\_2010\\_katalog.pdf](http://www.uponor.si/~media/Files/Uponor/Slovenia/Product%20catalogue/2010/Uponor_TALNO_SI_2010_katalog.pdf) [1.5.2013]
- [10] Uponor sistem ometa za stropno in stensko hlajenje/ogrevanje: tehnični katalog [svetovni splet]. Dostopno na: WWW: [http://www.uponor.si/~media/Files/Uponor/Slovenia/Technical%20manual/controls/TI\\_SI\\_Uponor\\_Minitec\\_stensko\\_stropno.pdf](http://www.uponor.si/~media/Files/Uponor/Slovenia/Technical%20manual/controls/TI_SI_Uponor_Minitec_stensko_stropno.pdf) [1.5.2013]
- [11] Ministrstvo za kmetijstvo in okolje: Agencija Republike Slovenije za Okolje [svetovni splet]. Dostopno na: WWW: <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/> [15.5.2013]

- [12] Stojko David. Ogrevanje in hlajenje poslovnih prostorov s toplotno črpalko zrak – zrak: Diplomsko delo visokošolskega strokovnega študijskega programa strojništvo, Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2011
- [13] Direct industry: the online industrial exhibition [svetovni splet]. Dostopno na: WWW: <http://www.directindustry.com/prod/arnocanali-spa/air-conditioning-hoses-58918-515882.html> [12.6.2013]
- [14] KWB: Vodilno ogrevanje na biomaso: Ogrevanje na sekance/pelete KWB Multifire [svetovni splet]. Dostopno na: WWW: <http://www.kwb.si/si/izdelki/ogrevanje-na-sekance-pelete-kwb-multifire.html> [2.6.2013]
- [15] KWB. Tehnični katalog 2012: Tehnični podatki sekanci
- [16] Uponsor talno ogrevanje Sistem hišnega udobja: Katalog izdelkov 2012 [svetoven splet]. Dostopno na: WWW: [http://mavi.si/ceniki/uponor\\_rhc\\_01\\_06\\_2012.pdf](http://mavi.si/ceniki/uponor_rhc_01_06_2012.pdf) [25.7.2013]
- [17] IKA. Tehnični katalog: Katalog izdelkov 2012
- [18] Danfoss. tehniški katalog: izdelkov 2012
- [19] Petrol: Cenik elektrike in primerjava [svetoven splet]. Dostopno na: WWW: <http://www.petrol.si/za-dom/energija/elektricna-energija/cenik-elektrike-primerjava> [19.6.2013]
- [20] SLONEP: gradnja in montažne hiše [svetoven splet]. Dostopno na: WWW: <http://www.slonep.net/zakljucna-dela/ogrevanje-in-klimatizacija/ogrevanje> [3.6.2013]
- [21] Lojze Žgajnar. Sekanci: nova oblika kuriva iz sečnih in drugih ostankov, inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo. Ljubljana: delo, 1986.
- [22] SLOVENSKI STANDARD SIST EN 12831:2004 : Grelni sistemi v stavbah – Metoda izračuna projektne toplotne obremenitve. Slovenski inštitut za standardizacijo, 2004

## **8 PRILOGE**

**Priloga 1: Hidravlična shema VRF**



**Priloga 2: Načrt pritličja**

**Priloga 3: Načrt nadstropja**

#### **Priloga 4: Izračun toplotnih izgub**