

UNIVERZA V MARIBORU  
FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO

Anže JAVORNIK

**OGREVANJE PROIZVODNE HALE Z LESNO  
BIOMASO**

Diplomsko delo  
univerzitetnega študijskega programa 1. stopnje  
Strojništvo

Maribor, september 2012



**Univerza v Mariboru**

*Fakulteta za strojništvo*

# **OGREVANJE PROIZVODNE HALE Z LESNO BIOMASO**

Diplomsko delo

Študent(ka): Anže JAVORNIK  
Študijski program: Univerzitetni študijski program 1. stopnje Strojništvo  
Smer: Energetsko procesno in okoljsko strojništvo  
Mentor: izr. prof. dr. Aleš HRIBERNIK

Maribor, september 2012



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

Številka: S-B0148

Datum in kraj: 28.05.2012, Maribor

Na osnovi 330. člena Statuta Univerze v Mariboru (Ur. l. RS, št. 6/2012)  
izdajam

#### SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

**ANŽETU JAVORNIKU**, študentu univerzitetnega študijskega programa 1. stopnje **STROJNIŠTVO**, smer **ENERGETSKO, PROCESNO IN OKOLJSKO STROJNIŠTVO**, se dovoljuje izdelati diplomsko delo pri predmetu **Obnovljivi viri energije**.

Mentor: red. prof. dr. Aleš Hribernik  
Somentor: /

Naslov diplomskega dela: **Ogrevanje proizvodne hale z lesno biomaso**

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku: **Production hall heating with wood biomass**

Diplomsko delo je potrebno izdelati skladno z »Navodili za izdelavo diplomskega dela« in ga oddati v treh izvodih do **30.09.2012** v referatu za študentske zadeve članice.

Pravni pouk: Zoper ta sklep je možna pritožba na senat članice v roku 3 delovnih dni.

Dekan:

red. prof. dr. Niko Samec

Obvestiti:

- kandidata,
- mentorja,
- somentorja,
- odložiti v arhiv



*[Signature]*  
Po pooblastilu dekana  
prodekan  
izr. prof. dr. Franc Zupanič

## IZJAVA

Podpisani \_\_\_\_\_ izjavljam, da:

- je bilo predloženo diplomsko delo opravljeno samostojno pod mentorstvom \_\_\_\_\_ in somentorstvom \_\_\_\_\_ ;
- 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. Alešu HRIBERNIKU za pomoč in vodenje pri opravljanju diplomskega dela.

Posebna zahvala velja staršem, ki so mi omogočili študij.

# OGREVANJE PROIZVODNE HALE Z LESNO BIOMASO

**Ključne besede:** lesna biomasa, ogrevanje, proizvodna hala, strojne inštalacije

**UDK:** 697.358:662.997(043.2)

## POVZETEK

*V diplomskem delu je sprojektiran sistem ogrevanja za proizvodno halo, ki se deli na poslovni in proizvodni del. Objekt je ogrevan z lesno biomaso (lesni peleti). Podane so nekatere splošne zakonitosti o lesni biomasi in ogrevalni tehniki, ki jo podpira. Poslovni del ima klasično radiatorsko ogrevanje, medtem ko za gretje proizvodnega dela skrbijo stropni panelni grelniki. Predstavljena je sestava posameznih konstrukcij objekta. Glede na sestavo konstrukcij objekta in njihovo zunanjo površino so izračunane toplotne izgube, iz katerih sledi izračun toplotnih potreb stavbe. V vseh prostorih objekta so določene toplotne moči ogreval. Celoten sistem ogrevanja je dimenzijsko določen in hidravlično preračunan. Na vseh ogrevalnih vejah so določene ustrezne obtočne črpalke. Dimenzionirana je potrebna velikost zalogovnika za energent. V sklepnem delu je predstavljena primerjava med ogrevanjem z lesnimi peleti in načini ogrevanja na plin oziroma kurilno olje.*

# PRODUCTION HALL HEATING WITH WOODEN BIOMASS

**Key words:** wooden biomass, heating system, production hall, mechanical installation

**UDK: 697.358:662.997(043.2)**

## ABSTRACT

*The thesis describes a heating system design for a production hall, divided into a business part and a manufacturing part. The building is heated with biomass (wood brickets). Some general laws of wooden biomass are presented along with the heating technology that supports it. The business part uses classic radiator heating, while the production hall is heated by ceiling panel heaters. The compositions of individual building structures are also presented. Heat losses are calculated according to the composition of building structures and their outer surfaces, from which the calculation of the buildings heating demand is calculated. The thermal power of heating is specified for all sections of the building. The entire heating systems piping is dimensionally specified and hydraulically calculated. All the heating branches have corresponding circulation pumps. The fuel storage space is also dimensioned. Finally, a comparison between heating with wooden brickets and gas or fuel oil is made.*

# KAZALO

<b>1</b>	<b>UVOD.....</b>	<b>1</b>
1.1	Namen diplomskega dela .....	1
1.2	Cilji in teze diplomskega dela: .....	1
1.3	Sestava diplomskega dela.....	2
<b>2</b>	<b>LESNA BIOMASA KOT ENERGETSKI VIR .....</b>	<b>2</b>
2.1	Vrste in oblike lesne biomase.....	3
2.2	Osnove zgorevanja lesne biomase .....	4
2.2.1	Faze zgorevanja .....	5
2.2.2	Energijske vrednosti in prostorninske enote .....	6
2.2.3	Vpliv vlage na energijsko vrednost.....	7
2.3	Temelji za uporabo lesne biomase.....	8
2.4	Potenciali lesne biomase v Sloveniji .....	9
<b>3</b>	<b>OGREVALNA TEHNIKA Z LESNO BIOMASO.....</b>	<b>10</b>
3.1	Kotli na lesno biomaso in njihovo delovanje .....	10
3.2	Razdelitev kotlov na lesno biomaso .....	10
3.2.1	Kotli z ročnim nalaganjem .....	10
3.2.2	Kotli z avtomatskim doziranjem.....	11
3.3	Opis delovanja kotla z avtomatskim doziranjem .....	12
3.3.1	Glavni sestavni deli.....	13
3.3.2	Sistemi za doziranje goriva .....	14
3.4	Soproizvodnja na lesno biomaso .....	15
3.4.1	Soproizvodnja na osnovi motorjev z zunanjim zgorevanjem – Stirlingov motor 16	
3.4.2	Prednosti in slabosti Stirlingovega motorja .....	17
<b>4</b>	<b>PROJEKT PROIZVODNA HALA.....</b>	<b>18</b>
4.1	Opis objekta .....	18
4.2	Konstrukcija objekta in določitev faktorjev izgub.....	19
4.2.1	Primer sestave in preračuna toplotnih prehodnosti konstrukcije sten .....	20
4.3	Toplotne izgube, dobitki in potrebe objekta po toplotni energiji.....	22



4.3.1	Podatki in izračun toplotnih izgub in dobitkov poslovnega dela objekta .....	23
4.3.2	Podatki in izračun toplotnih izgub in dobitkov za proizvodni del objekta.....	27
4.3.3	Skupne toplotne izgube in dobitki objekta.....	29
4.3.4	Toplotna energija za ogrevanje sanitarne vode.....	30
4.4	Opis in določitev moči ogreval.....	31
4.4.1	Določitev grelnih teles za poslovni del objekta .....	31
4.4.2	Določitev grelnih teles za proizvodni del objekta .....	33
4.5	Skupna celotna letna potreba po toplotni energiji.....	35
<b>5</b>	<b>DIMENZIONIRANJE IN DOLOČITEV INŠTALACIJSKIH NAPRAV IN RAZVODOV.....</b>	<b>37</b>
5.1	Cevni razvod poslovnega dela .....	37
5.2	Cevni razvod proizvodnega dela .....	39
5.3	Določitev obtočnih črpalk.....	42
5.4	Določitev zalogovnika za pelete .....	44
<b>6</b>	<b>STROŠKOVNA PRIMERJAVA Z DRUGIMI NAČINI OGREVANJA .....</b>	<b>46</b>
6.1	Investicijski stroški .....	46
6.2	Letni strošek porabe energije in obratovanja .....	47
6.3	Primerjalna tabela načinov ogrevanja .....	49
6.4	Stroškovno ovrednotenje naložb .....	49
<b>7</b>	<b>SKLEP .....</b>	<b>53</b>
<b>8</b>	<b>LITERATURA .....</b>	<b>54</b>

## UPORABLJENI SIMBOLI

R	[m <sup>2</sup> /K]	toplotna upornost
U	[W/m <sup>2</sup> K]	toplotna prehodnost
$\Delta U$	[W/m <sup>2</sup> K]	korekcija toplotne prehodnosti
L	[W/K]	transmisijske toplotne izgube skozi ovoj stavbe
A	[m <sup>2</sup> ]	površina
O	[m]	obseg
$\Delta\Psi$	[W/mK]	korekcijski faktor
H <sub>T</sub>	[W/K]	transmisijske izgube
H <sub>V</sub>	[W/K]	prezračevalne izgube
H	[W/K]	skupne toplotne izgube
V <sub>p</sub>	[m <sup>3</sup> ]	neto ogrevana prostornina
$\rho_a c_a$	[J/m <sup>3</sup> K]	prostorninska kapaciteta zraka
$\eta$		izkoristek prezračevalnega sistema
n <sub>z</sub>	[h <sup>-1</sup> ]	stopnja izmenjave zraka
Q <sub>CEL</sub>	[kWh/a]	potrebna letna dovedena toplota za ogrevanje
c <sub>p</sub>	[kJ/kgK]	specifična toplota
m	[kg]	masa
$\Delta T$	[K]	temperaturna razlika
$\varepsilon$	[W/K]	emisijnska vrednost
K		toplotni koeficient
n		toplotni eksponent

$P_{CEL}$	[kW]	potrebna moč za ogrevanje
$P_{INJ}$	[kW]	inštalirana moč ogrevanja
$V_{pr}$	[m <sup>3</sup> /h]	volumski pretok
$D_s$	[mm]	svetli premer
$v$	[m/s]	hitrost
$l$	[m]	dolžina
$Re$		Reynoldsovo število
$\nu$	[mm <sup>2</sup> /s]	kinematična viskoznost
$U_p$	[Pa]	tlačni padec
$KSI$		faktor lokalnih uporov
$\lambda$		koeficient trenja
$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	gostota
$kr$	[mm <sup>-1</sup> ]	relativna hrapavost
$k_a$		absolutna hrapavost
$V$	[m <sup>3</sup> ]	volumen
$h$	[kWh/kg]	kurilna vrednost
$\eta_k$		izkoristek kotla
$B$		letna poraba goriva
$S$		letni strošek goriva

## UPORABLJENE KRATICE

CO <sub>2</sub>	-	ogljikov dioksid
PURES	-	pravilnik učinkovite rabe energije v Sloveniji
SPTE	-	soproizvodnja toplotne in električne energije
SIST	-	slovenski inštitut za standardizacijo

# 1 UVOD

V današnjem času se v ogrevalni tehniki stremi k povečani uporabi obnovljivih virov energije. Ti viri so prijaznejši do okolja, saj v veliki meri vplivajo na zmanjšanje emisij ogljikovega dioksida v ozračje, ki je glavni krivec za globalno segrevanje. Poleg tega živimo v obdobju z neugodnimi gospodarskimi razmerami, ko lahko spremljamo nekontrolirano rast cen fosilnih energentov, ki postajajo ekonomsko neupravičeni za uporabo. Zaradi teh trendov so obnovljivi viri energije vedno bolj zanimivi in počasi nadomeščajo neobnovljive. Lesna biomasa spada med cenovno najugodnejše in je okolju prijazna. Njena vedno pogostejša uporaba prispeva k razvoju podeželja, čiščenju gozda in odpira nova delovna mesta. Slovenija je izredno bogata z gozdovi, saj je gozdnatih preko 50 % njenih površin. To pomeni, da imamo zelo velik gozdni potencial, ki pa je v veliki meri slabo izkoriščen. Vsa našta dejstva so pozitivna, zaradi česar postaja ogrevanje z lesno biomaso vedno bolj uveljavljen način ogrevanja, trenutno pa tudi zelo aktualen.

## 1.1 Namen diplomskega dela

Glavni namen diplomskega dela je sprojektirati sistem ogrevanja na lesno biomaso za proizvodno halo in ga stroškovno primerjati z drugimi načini ogrevanja.

Diplomska naloga je razdeljena na tri dele. Prvi del sestoji iz splošnih teoretičnih dejstev o lesni biomasi in ogrevalni tehniki, ki jo podpira. Drugi del zajema predstavitev objekta, izračune gradbene fizike (U-faktorji), toplotne potrebe objekta po energiji ter dimenzioniranje ogrevalnega razvoda. V tretjem delu obstoječi sistem stroškovno primerjamo z drugimi načini ogrevanja. V ospredju sta ogrevanje z zemeljskim plinom in kurilnim oljem.

## 1.2 Cilji in teze diplomskega dela:

- predstavitev splošnih teoretičnih dejstev o lesni biomasi in njeni ogrevalni tehniki;
- predstavitev objekta in izračun gradbene fizike, v skladu s Pravilnikom o učinkoviti rabi energije (PURES 2010);
- izračun toplotnih potreb objekta po energiji;
- pravilno dimenzioniranje celotnega inštalacijskega sistema glede na inštalirano moč ogrevalnih naprav;

- stroškovna primerjava ogrevanja na lesno biomaso z drugimi načini ogrevanja in njeno ovrednotenje z ugotovitvami.

### 1.3 Sestava diplomskega dela

Diplomsko delo zajema sedem poglavij:

1. Uvodni del z opisom vsebinskega dela diplome.
2. Splošni oris lesne biomase.
3. Splošno o ogrevalni tehniki lesne biomase.
4. Predstavitev objekta z izračuni gradbene fizike ter s toplotnimi izgubami in dobitki proizvodne hale.
5. Dimenzioniranje zalogovnika in razvodnega sistema ogrevanja z določitvijo črpalk za posamezne veje ogrevanja.
6. Stroškovna primerjava sistema z drugimi načini ogrevanja in njeno ovrednotenje.
7. Sklepna beseda s kratkim povzetkom in ugotovitvami.

## 2 LESNA BIOMASA KOT ENERGETSKI VIR

Z besedo biomasa označujemo obnovljive vire energije, ki so predvsem rastlinskega izvora. Sem prištevamo les, lesne sekance in tablete, slamo, hitrorastoče energijske rastline, poljedelske odpadke, bioplin ipd. S pojavom naftne krize in ob spoznanju, da je količina fosilnih goriv omejena, ter ob večji zavesti, da je onesnaževanje okolja zaradi pridobivanja energije postalo že zelo nevarno za človeštvo, je več pozornosti ponovno posvečene lesu kot viru energije. Uporaba lesa, sploh biomase, je okolju prijazna. Ta prednost je očitna, če primerjamo emisije ogljikovega dioksida (CO<sub>2</sub>) pri zgorevanju biomase in fosilnih goriv. Pri zgorevanju fosilnih goriv prihaja do sproščanja ogljikovega dioksida v zelo kratkem času, medtem ko je pri zgorevanju biomase sproščanje ogljikovega dioksida nevtrarno. Drevesa namreč črpajo pri rasti CO<sub>2</sub> iz zraka in namesto njega vračajo v atmosfero kisik. Pri zgorevanju lesa poteka reakcija med uskladiščenim ogljikom in kisikom iz zraka. Kot eden od produktov zgorevanja se sprošča ogljikov dioksid. Takšno naravno kroženje CO<sub>2</sub> prikazuje slika 2.1. Količina CO<sub>2</sub> pri zgorevanju je enaka količini pri gnitju, zato je zgorevanje okolju zelo prijazen proces. [1]



koruznega škroba. Lesni prah se stiska v stiskalnicah (peletirkah) pod velikim pritiskom in s povečano temperaturo. S tem se zmanjšata vsebnost vode in prostornina, poveča pa se gostota peletov. Zaradi večje gostote imajo višjo kurilno vrednost, ki znaša okrog 4,9 kWh/kg. So zelo sipki in zato enostavnejši za pakiranje in transportiranje. Za večje uporabnike (centralni sistemi na lesno biomaso) poteka transport peletov v cisternah. Za manjše uporabnike (kamini, sobne peči) so peleti pakirani v 10 ali 15 kg težkih embalažah, ki so naprodaj v trgovinah. Proizvajalci pelet ponujajo tudi pakiranje v večjih embalažah (1–1,5 m<sup>3</sup>), ki so zaradi svoje teže in velikosti primerne predvsem za transport pelet do trgovcev na drobno.



Slika 2.2: Lesna polena, sekanci in briketi (peleti) [3]

Briketi so večji stiskanci, narejeni s stiskanjem lubja, suhega lesnega prahu, žaganja, oblancev ter drugih neonesnaženih lesnih ostankov. So različnih oblik. V postopku izdelave se za ta namen uporablja zgolj visokotlačna para. Primerni so predvsem za redko kurjena ognjišča, kot so kamini, savne in lončene peči.

Lesni ostanki so neonesnaženi ostanki primarne in sekundarne predelave lesa. Mednje spadajo krajniki, očelki, žagovina, lubje, lesni prah ipd. [3]

## 2.2 Osnove zgorevanja lesne biomase

Učinkovito in popolno zgorevanje je predpogoj za uporabo lesne biomase kot okoljsko zaželenega goriva. Poleg visokega izkoristka mora zgorevanje zagotavljati popolno dogorevanje lesne biomase, pri katerem ne nastajajo okolju nevarne spojine. Za kakovostno zgorevanje mora biti zagotovljena ustrezna mešanica goriva in zraka (kisika), z možnostjo nadzora, hkrati pa mora zgorevalni proces (plamen) v kurišču del svoje toplote zaradi zagotavljanja neprekinjenega zgorevanja prenesti na gorivo. Pri tem je pomembno vedeti, da hlapljive substance goriva zgorevajo v obliki plamena, koksni preostanki (trdni delci) pa žarijo. Pri zgorevanju lesne biomase se okrog 80 % energije sprosti z zgorevanjem hlapljivih



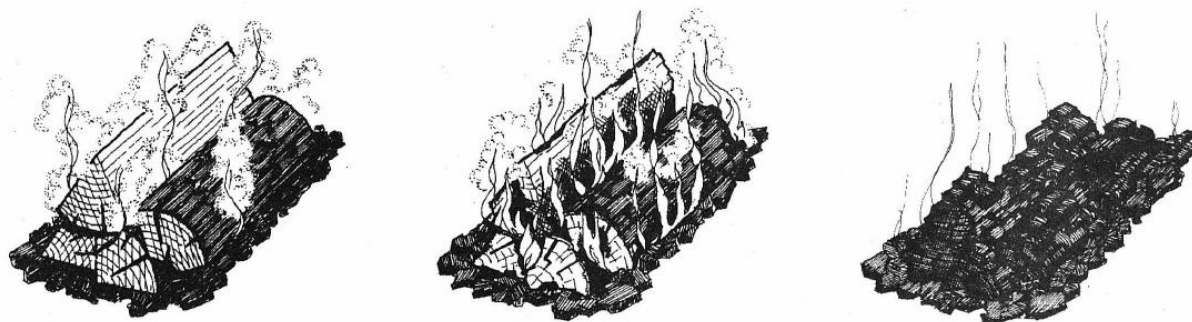
substanc goriva, preostali delež pa z žarjenjem oglja. V zgorevalnem prostoru je treba zagotoviti kakovostno mešanje kisika z gorljivimi substancami goriva. Boljše kot je mešanje goriva in zraka, hitrejše in popolnejše je zgorevanje. Če je gorivo v obliki, kot npr. zemeljski plin, lahko pripravimo optimalno mešanico, saj imamo dve plinasti sestavini, ki ju lahko med seboj mešamo v točno določenem razmerju. Zgorevanje je zato zelo učinkovit postopek, z dodajanjem ali odvzemanjem goriva pa je mogoče tudi spreminjati intenzivnost gorenja.

Za približno enak učinek zgorevanja lesne biomase, bi jo morali zmleti v prah; ta bi sledil toku zraka, kar bi zagotavljalo dobro mešanje in s tem zgorevanje, podobno zgorevanju plinastih goriv ali kurilnega olja. Proizvodnja lesnega prahu je zaradi posebnih tehničnih zahtev (suhost, čistost lesne biomase idr.) relativno draga, kar omejuje uporabo tovrstnega načina zgorevanja lesne biomase.

V praksi se lesna biomasa trži v različnih velikostih in oblikah, najpogosteje v obliki polen, sekancev, briketov in peletov. Zaradi vsega navedenega je tehnologija zgorevanja lesne biomase bolj zapletena kot npr. tehnologija zgorevanja zemeljskega plina ali kurilnega olja. [3]

### 2.2.1 Faze zgorevanja

Pri procesu zgorevanja lesne biomase poznamo tri faze: sušenje; uplinjanje in gorenje ter dogorevanje oglja. V prvi fazi se lesna biomasa segreva, vodna vlaga pa začne izparevati (to poteka pri temperaturah do 500 °C). Sledi druga faza procesa zgorevanja in uplinjanje na površini – piroliza; v notranjosti se temperatura goriva postopoma dviguje, kar povzroči izhlapevanje notranje vlage iz goriva (oksidacija plinov pri temperaturah od 800 do 1200 °C). Ko se izparevanje vlage konča, se piroliza razširi v notranjost goriva. Proces zgorevanja je neprekinjen. Ostanek po uplinjanju imenujemo žareče oglje, ki zgori v pepel. Vse tri faze zgorevanja so slikovno prikazane na sliki 2.3. [3]



Slika 2.3: Faze zgorevanja [4]

## 2.2.2 Energijske vrednosti in prostorninske enote

Energijska vrednost (Q) je količina energije na enoto mase ali prostornine, ki se sprosti pri popolnem zgorevanju. Vsako gorivo ima določeno energijsko vrednost. Les je naraven material, zato so njegove lastnosti zelo variabilne. Energijska vrednost lesa je odvisna od drevesne vrste, vsebnosti vode ter ohranjenosti lesa.

Osnovna značilnost goriv je kurilna vrednost (preglednica 2.1). Pri prehodu iz enega goriva na drugega naletimo na probleme energijskih ekvivalentov. Za take izračune potrebujemo energijske vrednosti posameznih goriv ter podatke o količinskih pretvornikih.

Preglednica 2.1: Energijske vrednosti energentov [5]

Vrsta energenta	Enota	kWh
Surova nafta	1 l	10,1
Ekstra lahko kurilno olje	1 l	10,17
Zemeljski plin	1 m <sup>3</sup>	9,5
Utekočinjen naftni plin	1 l	6,95
Rjavi premog	kg	5,9
Lesni peleti	kg	4,9
Polena povprečje	prm	1750
Lesni sekanci povprečje	nm <sup>3</sup>	800
Smreka	m <sup>3</sup>	2178
R. bor	m <sup>3</sup>	2196
Jelka	m <sup>3</sup>	2628
Macesen	m <sup>3</sup>	2448
Breza	m <sup>3</sup>	2772
Bukev	m <sup>3</sup>	3078
Beli gaber	m <sup>3</sup>	3420
Hrast-dob	m <sup>3</sup>	3312
Hrast-graden	m <sup>3</sup>	2844
Veliki jesen	m <sup>3</sup>	2952
Črna jelša	m <sup>3</sup>	2178
Robinija	m <sup>3</sup>	2916
Pravi kostanj	m <sup>3</sup>	3132

Po tradiciji se les v praksi vrednoti po prostornini in ne po masi (preglednica 2.2). Kot mera se uporablja:

- kubični meter (m<sup>3</sup>) – prostornina lesa brez vmesnih, praznih prostorov;
- prostorninski meter (prm) – skladovnica zloženih kosov lesa, vključno z zračnimi prostori; uporablja se kot mera za polena, cepanice in okroglice;
- nasuti meter (nm<sup>3</sup>) – nasutje manjših kosov lesa (drva, sekanci, žagovina, peleti itd.);

- klafta (ljudski izraz) – v splošnem trgovanju pomeni v skladovnico zložene metrske cepanice – dolžina skladovnice je 4 m, višina pa 1 m [5].

Preglednica 2.2: Razmerja med različnimi prostorninskimi enotami lesnih oblik [5]

	Enote	Goli	Polena (1 m zložena)	Polena (30 cm zložena)	Polena (30 cm nasuta)	Lesni sekanci (<5 cm)
Enota		1 m <sup>3</sup>	1 prm	1 prm	1 nasuti m <sup>3</sup>	1 nasuti m <sup>3</sup>
Goli	1 m <sup>3</sup>		1,4	1,2	2	3
Polena (1 m zložena)	1 prm	0,71		0,85	1,4	2,1
Polena (30 cm zložena)	1 prm	0,83	1,2		1,67	2,55
Polena (30 cm nasuta)	1 nasuti m <sup>3</sup>	0,5	0,7	0,6		1,5
Lesni sekanci (<5 cm)	1 nasuti m <sup>3</sup>	0,33	0,46	0,4	0,66	

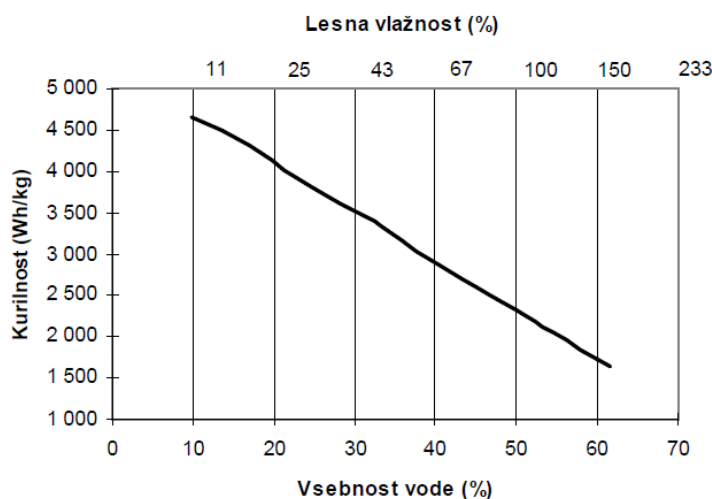
### 2.2.3 Vpliv vlage na energijsko vrednost

Na energijsko vrednost lesa najbolj vpliva vlažnost oziroma vsebnost vode. V procesu zgorevanja lesa voda izhlapeva, pri čemer se porablja energija. Za izhlapevanje 1 kg vode potrebujemo 0,68 kWh energije. Več kot je vode v lesu, več energije porabimo za njeno izhlapevanje in manj je ostane za naše ogrevanje.

Vsebnost vode predstavlja razmerje med maso vode in maso svežega lesa. Medtem vlažnost lesa obravnavamo kot razmerje med maso vode in maso sušilno suhega lesa.

Glede na vsebnost vode v lesu ločimo:

- svež les – les takoj po poseku, ki ima vlažnost nad 40 %;
- gozdno suh les – les približno pol leta po poseku, z vlažnostjo od 20 do 40 %;
- zračno suh les – les, ki se je sušil vsaj šest mesecev v zračnih in pokritih skladiščih in ima vlažnost do 20 %;
- tehnično suh les – umetno sušeni les z vlažnostjo od 6 do 10 %.



Slika 2.4: Kurilna vrednost lesa v odvisnosti od vsebnosti vode [4]

Vsake 10 % vode zmanjša kurilno vrednost lesa za 12 % (slika 2.4). Če kurimo gozdat suh les, porabimo približno 25 % energije, uskladiščene v lesu za izhlapevanje vode.

### 2.3 Temelji za uporabo lesne biomase

Prednosti uporabe biomase pri pridobivanju energije so številne:

- manjšajo se emisijske vrednosti CO<sub>2</sub> v atmosfero;
- emisije SO<sub>2</sub> skorajda ni;
- sodobne energijsko visoko učinkovite naprave in tehnologije omogočajo okolju prijazno zgorevanje;
- uporaba lesne biomase bi kot alternativa fosilnim gorivom povzročila boljšo skrb za gozdove, s čimer bi bili zagotovljeni nega in kakovost gozdov;
- v primerjavi s tekočimi in plinastimi gorivi obstaja majhno tveganje pri transportu in skladiščenju;
- opuščene površine lahko zopet postanejo gospodarne – gospodarstvo bi imelo na voljo širšo paleto izdelkov;
- nova delovna mesta se ne bi pojavila samo na področju kmetijstva, temveč tudi v industriji in storitvenih dejavnostih;
- okrepilo bi se regionalno gospodarstvo;
- finančna sredstva, namenjena nakupu uvoženih fosilnih goriv, ostanejo v deželi in omogočajo nadaljnje investiranje. [4]

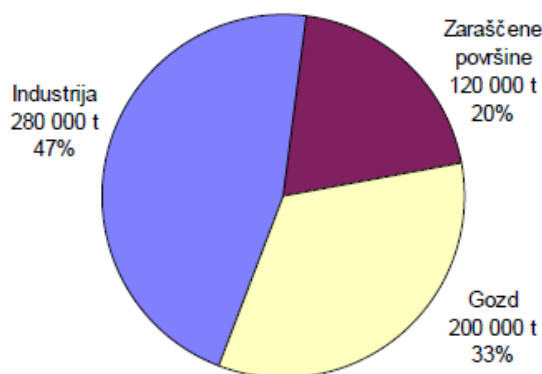
## 2.4 Potenciali lesne biomase v Sloveniji

V Sloveniji je les narodno in tudi energetsko bogastvo, saj je od skupne površine, 20.253 km<sup>2</sup>, kar 54 % ozemlja poraščena z gozdovi. Zaloga lesne mase se iz leta v leto povečuje, saj sedanji letni posek predstavlja le 38 %. V primerjavi z letom 1947, se je lesna masa v gozdovih povečala za 87 % (podatek za leto 1990). Glavni viri lesne biomase v Sloveniji so:

- industrijski sektor – lesni ostanki industrijske, mehanske in kemične predelave lesa,
- kmetijski sektor – grmišča in druge kmetijske površine (sadovnjaki, vinogradi),
- gozdarski sektor – gozdovi,
- odslužen les in lesni izdelki.

V Sloveniji je prek 95.000 hektarjev grmišč, kjer letno priraste 120.000 ton lesne biomase. Imamo 80 občin, ki imajo več kot 50 % površin poraslih z gozdom, 23 občin pa ima manj kot 30 % gozda. Več kot 60 % pokritost z gozdovi ima 49 občin, od tega jih ima 21 več kot 70 % gozdov. V zadnjih letih dosega načrtovani posek le dobro polovico prirastka, realizacija sečnje pa je uradno še manjša. Leta 1996 je znašala le 38 % letnega prirastka, kar pomeni, da lastniki gozdov niso zainteresirani za izrabo lesa v gozdovih.

Registriranih imamo preko 4.000 malih predelovalcev lesne surovine in več tisoč neregistriranih žag, ki ustvarjajo vsaj 150.000 ton lesnih ostankov, primernih za energetsko rabo. Skupaj z neizkoriščenimi odpadki velikih podjetij zneso vse kar 280.000 ton lesne biomase na leto. Poleg tega 52 podjetij, ki imajo v lasti 78 kurilnih naprav z močjo nad 1 MW in obratujejo vsaj sezonsko, že sedaj pokuri dodatnih 230.000 ton lesne biomase. Tako znaša približna skupna velikost neizkoriščenih lesnih odpadkov iz industrijskega sektorja kar 510.000 ton lesne biomase na leto (slika 2.5). [4]



Slika 2.5: Ocenjen potencial lesne biomase v Sloveniji [4]

## **3 OGREVALNA TEHNIKA Z LESNO BIOMASO**

### **3.1 Kotli na lesno biomaso in njihovo delovanje**

Kotlov na lesno biomaso ne ločujemo po režimu temperaturnega delovanja, temveč po kurivu, ki ga uporabljamo. Tako poznamo specialne kotle na polena ter kotle na pelete in sekance. Za prve je značilno, da je treba drva v kurišče še vedno nalagati ročno, pri drugih dveh pa je to avtomatizirano. Specialni kotel mora poleg enodnevnega zalogovnika, ki zadostuje za ogrevanje 10 do 20 ur, imeti še vmesni hranilnik presežne toplote, s katerim lahko izravnavamo spreminjajoče se obremenitve kotla. Izkoristek kotla je pri polni obremenitvi do 92-odstoten in več, zgorevanje je dobro, opremljen je tudi z dobro regulacijo. Primeren je za več vrst lesa, med prednostmi velja omeniti še malo pepela in majhne emisije plinov v ozračje. Podobno kot pri polenih, sta kakovost in izkoristek dobra tudi pri kotlih na pelete. Pepela je izredno malo (pod 0,5 %), pa še za tega poskrbi avtomatika s samodejnim čiščenjem. Izravnalni hranilnik toplote, kakršen je pri polenih, pri peletih ni potreben. Delovanje kotlov na sekance je povsem avtomatizirano, iz zalogovnika v kotel jih tako kot pelete prenaša transportni polž z največjo dolžino 15 metrov. Vžig je samodejen, z vročim zrakom, podobno kot pri peletih. Kakovostnejši kotli imajo samodejno odstranjevanje pepela. Pri popolnem zgorevanju z izredno malo pepela (manj kot 1 %) je najpomembnejša lambda sonda, ki meri količino kisika v dimnih plinih, in na podlagi tega določa razmerje med količino primarnega in sekundarnega zraka. Kotel doseže visok izkoristek, pri polni obremenitvi tudi več kot 92 %. [6]

### **3.2 Razdelitev kotlov na lesno biomaso**

V grobem razdelimo kotle na lesno biomaso v dve skupini, in sicer na kotle z ročnim nalaganjem ter kotle z avtomatskim doziranjem.

#### **3.2.1 Kotli z ročnim nalaganjem**

V kotle s prezračevalnim kuriščem na polena se ročno položijo polena na žerjavico v zalogovnik. Ventilator posepa (sesalni ventilator) ali potisne (tlačni ventilator) nastale pline skozi odprtino v zgorevalno komoro, ki se nahaja neposredno pod ali zraven zalogovnika. S pomočjo sekundarnega zraka, ki ga tu dodajamo, ti plini dokončno izgorijo. Toplota se iz

nastalih dimnih plinov v toplotnem prenosniku prenese na grelno vodo, ki jo vodimo v ogrevalni sistem.

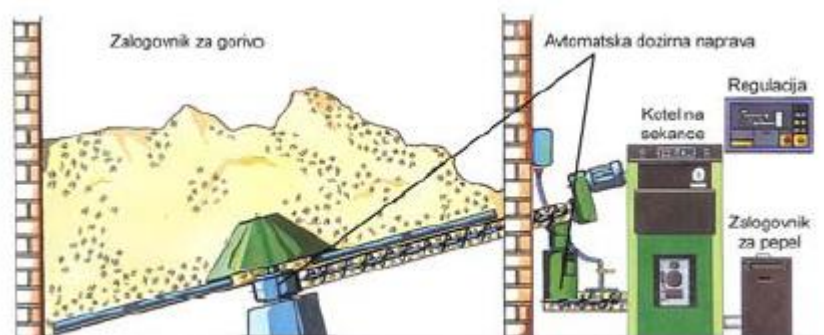
Cena kotla s prezračevalnim kuriščem na polena nove generacije se vrti okoli 5.000 EUR. Izdelujejo jih v velikosti od 15 do 80 kW toplotne moči. Izkoristek takega kotla lahko znatno povečamo, če vgradimo hranilnik toplote za ogrevalno vodo.

### 3.2.2 Kotli z avtomatskim doziranjem

V kotlih na sekance z avtomatskim doziranjem, kot je prikazano na sliki 3.1, se kot gorivo uporabljajo lesni sekanci, ki so shranjeni v zalogovniku in jih s pomočjo polnilne naprave in podajalnega polža dovajamo v kotel. Napajalna naprava je opremljena tudi z varnostnim sistemom, ki preprečuje povratni udar plamena v polnilno napravo in zalogovnik.

Cena kotla na sekance z avtomatsko dozirno napravo, varnostno in kontrolno napravo ter avtomatskim vžigom znaša praviloma okrog 12.000 EUR. Proizvajalci ponujajo na tržišču kotle z nazivno toplotno močjo okoli 20 kW ali več. Toplotna moč kotlov navzgor ni omejena, saj tovrstne kotle izdelujejo tudi za uporabo v sistemih daljinskega ogrevanja, kjer toplotne moči dosegajo tudi nekaj MW.

Na tržišču sta na voljo dva tipa kotlov na pelete. Prvi, ki so podobni kotlom na sekance z avtomatskim doziranjem, se uporabljajo kot kotli za centralno ogrevanje in so opremljeni z zalogovnikom ali polnilnim sistemom. Prednost peletov, v primerjavi z lesni sekanci, je v tem, da so peleti bolj homogeno gorivo, njihova kurilnost glede na težo in volumen je večja, zaradi česar je lahko zalogovnik tudi do 4-krat manjši. Po drugi strani pa je zelo pomembno, da so peleti shranjeni v suhem prostoru, drugače se navlažijo in razpadejo. Primer kotla na lesne pelete prikazujem na sliki 3.2.



Slika 3.1: Primer kotla na lesne sekance z avtomatskim doziranjem [3]

Drugi tip predstavljajo kaminske peči, kjer gorivo avtomatsko dovajamo neposredno v zgorevalni prostor. Uporabljajo se pretežno za ogrevanje prostora, v katerem se nahajajo,

čepprav lahko z vgrajenim ustreznim prenosnikom toplote ogrevajo tudi druge prostore ali sanitarno vodo. Cena kotla na pelete z avtomatsko dozirno napravo za uporabo v centralnem ogrevanju je praviloma nad 8.000 EUR, kaminske peči na pelete pa se dvigajo nad 2.000 EUR. Kaminske peči na pelete imajo nazivno moč od 5 do 18 kW, kotle na pelete z avtomatsko dozirno napravo pa izdelujejo za toplotne moči od 8 kW naprej.



3.2 Primer kotla na lesne pelete z avtomatskim doziranjem [7]

### 3.3 Opis delovanja kotla z avtomatskim doziranjem

Kotli z avtomatskim doziranjem na lesne sekance ali pelete imajo najbolj izpopolnjen način za pridobivanje toplote iz lesne biomase. Danes so že tako izpopolnjeni, da se lahko enakovredno primerjajo s kurilnimi napravami na fosilna goriva, tako po tehnološki plati kakor udobju posluževanja, ki ga nudijo s popolnoma avtomatskim načinom delovanja.

Gorivo sekanci ali peleti se iz zalogovnika, s pomočjo polnilne naprave ter preko sistema proti povratnemu udaru plamena, natančno dozirajo v zgorevalno komoro. Količino goriva kontrolira kotlovska regulacija glede na trenutne toplotne potrebe. Zgorevanje poteka s pomočjo primarnega in sekundarnega zraka, pri čemer mora biti zagotovljen zadosten čas zadrževanja gorljivih plinov v vroči zgorevalni coni. Kotel služi tudi kot prenosnik toplote in ločevalnik letečega pepela. Najpomembnejše veličine pri regulaciji kotla so temperatura vode v kotlu in dimnih plinov, nivo goriva v gorilniku (tipalo) ter količina zraka (lambda sonda) pri regulaciji zgorevanja. Avtomatski, neprekinjen dovod goriva omogoča enakomeren in dober

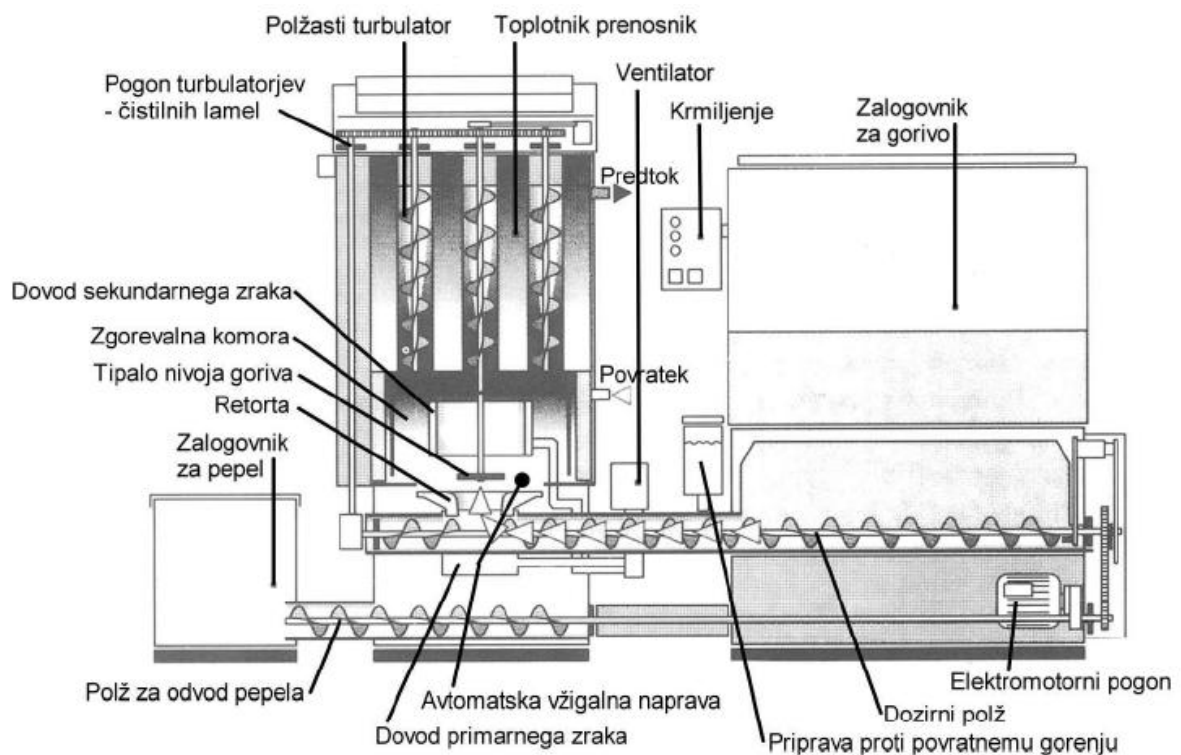


izkoristek ter dobro zvezno regulacijo moči (do 30 % nazivne moči) zgorevalnega procesa za dejanske toplotne potrebe. Priprava tople sanitarne vode v neogrevani sezoni je z avtomatskim vžigom pri kotlih z avtomatskim doziranjem enostavna, čeprav je priporočljivo, da ima grelnik za toplo vodo prostornino vsaj 500 l.

### 3.3.1 Glavni sestavni deli

Kotel na sekance (pelete) sestavljajo: transportni polž s pogonskim motorjem, z zobniškim predležjem in uležajenjem ter vmesni jašek z varnostno pripravo proti povratnem udaru plamena (loputa ali predalčno kolo).

Dovajanje goriva poteka preko dozirnega polža, ki ga poganja elektromotor, kotla na lesne sekance z integriranim gorilnikom (gorilno retorto) ter prenosnika toplote, kjer potekata zgorevanje in prenos toplote na ogrevalni medij. Celotno napravo krmili in regulira krmilna naprava s pripadajočo elektroniko, stikali, časovnimi preklopniki in termostati. K naštetim glavnim elementom sodi še naprava za iznos goriva iz zalogovnika ali kompaktni zalogovnik. Kotli na pelete so po osnovnem delovanju zelo podobni kotlom na sekance. Glavne razlike so opazne predvsem pri gorilniku in dozirni napravi. Primer sestave glavnih delov kotla je prikazan na sliki 3.3.



Slika 3.3: Glavni sestavni deli kotla na sekance (pelete) [3]

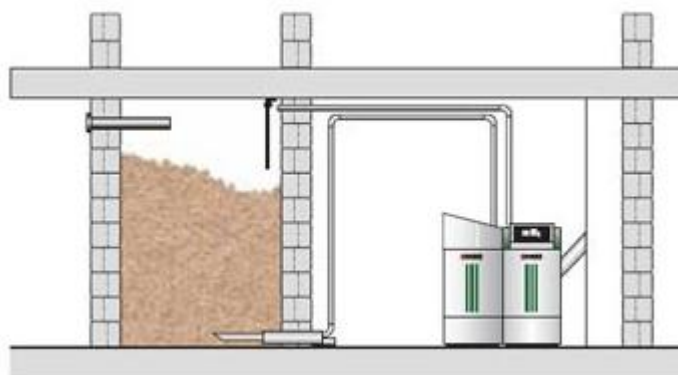
### 3.3.2 Sistemi za doziranje goriva

Sekanci ali peleti so shranjeni v dnevnih, tedenskih ali večjih zalogovnikih. S pomočjo dozirne naprave jih transportiramo v kotel na sekance ali pelete. Za kotle na sekance obstajata dva tipa dozirne naprave:

- Kompaktna dozirna naprava s tedenskim zalogovnikom, ki ima največjo prostornino 1,5 m<sup>3</sup> in je lahko postavljena v kurilnici. Tak zalogovnik moramo polniti najmanj vsakih 10 dni ali pogosteje, zaradi česar je okrnjeno udobje posluževanja.
- Dozirna naprava s kolesom z vzmetno roko pri dnu mesečnega ali letnega zalogovnika. Transportni sistem se je izkazal kot zelo zanesljiv, vzdržljiv ter za vzdrževanje nezahteven. Najbolj primeren je za zalogovnik s kvadratnim ali okroglim tlorisom, premera 3–5 m ter prostornine 20–50 m<sup>3</sup>. To dozirno napravo lahko predelamo tudi za uporabo peletov.

Za kotle na pelete obstajata v osnovi dva tipa dozirnih naprav:

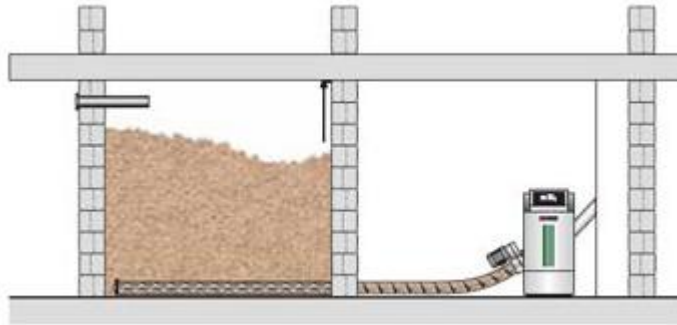
- Sesalni sistem: s pomočjo sesalnega pnevmatskega sistema transportiramo pelete iz zalogovnika preko cevne sistema v vmesni zbiralnik, ki se nahaja na ali ob kotlu in lahko vsebuje enodnevno zalogo goriva. Iz vmesnega zbiralnika poteka preko naprave proti povratnemu gorenju doziranje peletov v zgorevalno komoro. Tak sistem je še posebej primeren, če sta kurilnica in zalogovnik prostorsko oddaljena drug od drugega.



Slika 3.4: Iznašalni transport s pomočjo sesalne sonde [8]

- Sistem s polži: iz zalogovnika transportiramo pelete s pomočjo transportnega polža v kurilnico ter nato preko kolenskega ali pregibnega, prilagodljivega polža v kotel. Peleti tako pridejo preko naprave proti povratnemu udaru plamena do

dozirnega polža v gorilnik. Ta sistem je primeren predvsem za pravokotne zalogovnike, ki ležijo poleg kurilnice. [3]



Slika 3.5: Iznašalni transport s pomočjo fleksibilnega iznašalnega polža [8]

### 3.4 Soproizvodnja na lesno biomaso

Pri sistemih soproizvodnje pretvarjamo notranjo energijo goriva v električno energijo preko vmesne energije. Po navadi je to mehanska energija vrtečih se delov motorjev oz. turbin. Ti poganjajo električni generator, ki proizvaja električno energijo. Pri pretvorbi notranje energije goriv v mehansko energijo se sprostijo velike količine toplote, ki jo zajamemo in koristno porabimo. To je tudi osnovna razlika med soproizvodnjo in ločeno proizvodnjo električne energije: zajetje in koristna uporaba toplote.

Gorivo je lahko fosilnega izvora ali pa obnovljivi vir energije (biomasa, bioplín, deponijski plín). Sodobni sistemi za soproizvodnjo dosegajo zelo visoke skupne izkoristke, tudi čez 90 %. Pri ločeni proizvodnji električne energije se približno dve tretjini vhodne energije goriv porabi za pokrivanje toplotnih izgub, pri soproizvodnji pa se to toploto zajame in koristno porabi.

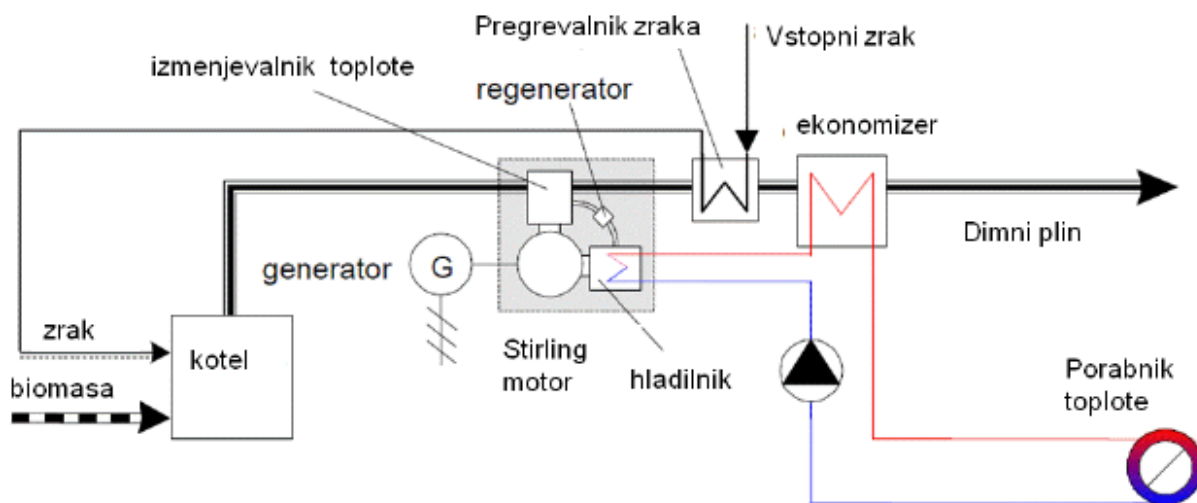
Pod izrazom mikrosoproizvodnja razumemo enote, ki so primerne za inštalacijo v stanovanjih in lahko nadomestijo klasične plinske kotle za centralno kurjavo. Enote za mikrosoproizvodnjo v glavnem temeljijo na Stirlingovih motorjih ali motorjih z notranjim zgorevanjem. Med naprave sodijo enote reda, velikosti do 50 kW. Z razvojem oziroma znižanjem cen gorivnih celic bodo tudi te postale ekonomsko upravičene za uporabo v sistemih mikrosoproizvodnje. [9]

### 3.4.1 Soproizvodnja na osnovi motorjev z zunanjim zgorevanjem – Stirlingov motor

Delovanje Stirlingovega motorja temelji na zaprtem krožnem procesu, kjer se delovni plin izmenično stiska v hladnem in razteza v vročem valju. Z vključitvijo regenerativnega prenosnika toplote se izkoristek motorja bistveno poveča. Posebnost tega sistema je zunanji dovod toplote vročemu valju, ki omogoča možnost uporabe vseh vrst biomase kot goriva. Temperatura v vročem delu je okoli 950 °C; omejena je z lastnostmi materiala na vročem delu. Vodik je najprimernejši delovni medij – kljub temu se zaradi težav s tesnjenjem večinoma uporabljata zrak ali interni plin, kot sta helij ali dušik.

Tehnologija je na voljo šele v zadnjem času. Na trgu so predvsem manjše naprave z nazivno električno močjo od 1,5 do 30 kW. Prednost je predvsem možnost uporabe vseh vrst biomase. Nazivni električni izkoristki so navadno okoli 12 % (po trditvah nekaterih proizvajalcev celo do okoli 25 %) ter skupni izkoristek 90 %.

Shema sistema za soproizvodnjo toplote in električne energije na osnovi Stirlingovega motorja je prikazuje slika 3.6.



Slika 3.6: Shematičen prikaz SPTE na osnovi Stirlingovega motorja [7]

Primer uporabe Stirlingovega motorja na lesne pelete je prikazan na sliki 3.7.



Slika 3.7: Primer kinematskega motorja na pelete [7]

### 3.4.2 Prednosti in slabosti Stirlingovega motorja

Prednosti Stirlingovega motorja so:

- možnost uporabe vseh vrst biogoriv,
- malo gibljivih delov (v primerjavi z motorji z notranjim izgorevanjem),
- tiho delovanje,
- dolgotrajno in zanesljivo obratovanje z malo vzdrževanja,
- nizki vzdrževalni stroški.

Med slabosti lahko štejemo predvsem:

- so novi in še ne preizkušeni sistemi,
- težave s tesnjenjem delovnega medija (kinematične izpeljanke motorjev),
- trenutno visoko ceno (še ni množične proizvodnje),
- omejitev temperature na vročem delu (visoka termična obremenitev materiala),
- nekoliko večje zunanje mere glede na moč sistema,
- slabšo prožnost in odziv sistema pri dinamičnih zahtevah (predvsem velja za kinematične motorje). [7]

## 4 PROJEKT PROIZVODNA HALA

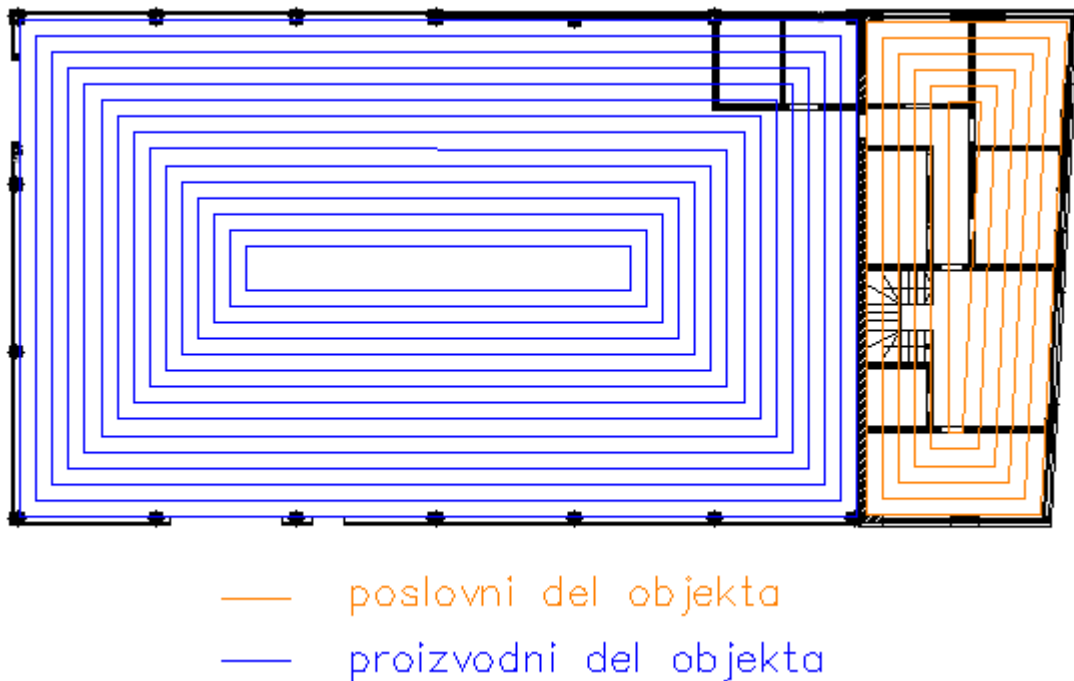
### 4.1 Opis objekta

Objekt je lociran v kraju Otiški vrh občine Šentjanž pri Dravogradu. Objekt, ki ga obravnavamo, je prikazan na sliki 4.1. Gre za novogradnjo, ki spada med upravne in pisarniške stavbe. Vrsta zidu je srednje težke gradnje ( $\geq 600 \text{ kg/m}^3$ ). Sestoji iz dveh delov, ki sta medsebojno povezana: proizvodnega dela in poslovnega dela (slika 4.2). Osnovno razdelitev objekta na poslovni in proizvodni del prikazuje slika 4.2. Poslovni del je etažen in se deli na pritličje in nadstropje. Sestavljajo ga poslovni prostori oz. pisarne, skladišče, sanitarije, garderobe, kuhinja z jedilnico, predprostor in hodniki.



Slika 4.1: Obravnavan objekt - Proizvodna hala

Prostori objekta so med seboj ločeni z vmesnimi stenami; za poslovni del obsegajo površino  $223 \text{ m}^2$ . Hala obsega proizvodni prostor v velikosti  $534 \text{ m}^2$ . Od tega je  $519 \text{ m}^2$  namenjenih za delovni prostor, v katerem bodo proizvodni stroji (cnc stružnice ipd.),  $15 \text{ m}^2$  pa je namenjenih za kurilnico, skupaj z zalogovnikom za pelete. Dimenzije celotnega objekta so  $37,3 \text{ m} \times 18,4 \text{ m}$ . Višina prostorov poslovnega dela znaša  $2,8 \text{ m}$ , prostori proizvodnega dela pa so visoki približno  $6 \text{ m}$ . Skupna uporabna površina stavbe znaša  $755 \text{ m}^2$ .



Slika 4.2: Razdelitev objekta na poslovni in proizvodni del

## 4.2 Konstrukcija objekta in določitev faktorjev izgub

Zelo pomembno je, da poznamo konstrukcijo objekta. S tem mislimo predvsem na sestavo posameznih elementov, kot so zunanje stene, vmesne stene, tla, strešna oz. stropna konstrukcija, okna, vrata ipd. Na podlagi poznavanja konstrukcije objekta lahko določimo faktorje izgub oz. tako imenovane U-faktorje, ki nam bodo v pomoč pri izračunu toplotnih potreb celotne stavbe.

Za končni izračun faktorjev smo stene razdelili po namenu (zunanje, notranje, tla, strop) in jih orientirali glede na strani neba (S, J, V, Z). Povzeli smo zunanje površine za vsako steno posebej, od katerih smo odšteli površine vrat in oken ter na osnovi sestave sten izračunali faktorje ter pozneje še toplotne izgube skozi stene.

Sestavo konstrukcij posameznih elementov in preračun faktorjev izgub smo opravili v programskem paketu Gradbena fizika URSA 4.0, ki omogoča dokazovanje ustreznosti toplotne zaščite stavbe in rabe energije v stavbah, v skladu z novim PURES-om iz leta 2010. Program vključuje materiale, predlagane sestave konstrukcij in preko 150 detajlov za pravilno uporabo materialov. [10]

#### 4.2.1 Primer sestave in preračuna toplotnih prehodnosti konstrukcije sten

V nadaljevanju prikazujem primer sestave ene izmed konstrukcij po slojih, z lastnostmi posameznih materialov konstrukcije. Gre za sestavo zunanje stene oz. stene proti neogrevanim prostorom. Konstrukcijo sem poimenoval Kompaktna fasada – omet; predstavlja zunanji zid poslovnih prostorov objekta. Sestava konstrukcije po posameznih segmentih je navedena v preglednici 4.1. Sestave drugih konstrukcij po segmentih so prikazane v prilogi 1.

Preglednica 4.1: Sestava konstrukcije zunanje stene (kompaktna fasada - omet)

Sloj	Material	Debelina (cm)	Gostota (kg/m)	Spec. topl. (J/kgK)	Topl. pr. (W/mK)	Dif. odpor.	Topl. odpor. (m <sup>2</sup> K/W)
1	PODALJŠANA APNENA MALTA 1900	2	1900	1050	0,990	25	0,020
2	POROZNA OPEKA 800	30	800	920	0,330	3	0,909
3	BAUMIT OPEN PLUS	10	15	1450	0,032	10	3,125
4	BAUMIT HAFTMOERTEL	0,3	1350	1050	0,800	18	0,004
5	BAUMIT HAFTMOERTEL	0,2	1350	1050	0,800	18	0,003
6	BAUMIT EDELPUTZ SPEZIAL	0,3	1480	1050	0,800	15	0,004

Na osnovi podatkov iz zgornje tabele smo izračunali toplotno upornost in prehodnost za prej omenjeno sestavo konstrukcije. Izračun toplotne upornosti sestoji iz naslednjih enačb:

$$R_T = R_{SI} + \frac{\sum d_i}{\lambda_i} + R_{SE} + R_U = 0,130 + 4,064 + 0,040 + 0,000 = 4,234 \frac{m^2 K}{W} \quad (4.1)$$

$R_T$  - skupna toplotna upornost [ $m^2/K$ ]

$R_{SI}$  - površinska toplotna prestopnost [ $m^2/K$ ]

$\sum d_i/\lambda_i$  - toplotna upornost vseh elementov konstrukcije [ $m^2/K$ ]

$R_{SE}$  - površinska toplotna prestopnost [ $m^2/K$ ]

$R_U$  - toplotna upornost neogrevanega prostora [ $m^2/K$ ]

Pri izračunu površinske toplotne prestopnosti ( $R_{SI}$ ), ki je odvisna od emitivnosti površine ( $\varepsilon = 0,9$ ) in povprečne temperature stene ( $T_m = 20^\circ C$ ), smo upoštevali standardizirane vrednosti  $\varepsilon$  in  $T_m$  ter dobili rezultat  $0,130 m^2/K$ . Toplotna upornost vseh elementov konstrukcije ( $\sum d_i/\lambda_i$ ) znaša  $4,064 m^2/K$ . Površinska toplotna prestopnost ( $R_{SE}$ ) znaša  $0,040 m^2/K$  in je odvisna od emitivnosti površine ( $\varepsilon = 0,9$ ), povprečne temperature površine ( $T_m = 0^\circ C$ ) in hitrosti vetra ( $v = 4,0 m/s$ ). Toplotno upornost neogrevanega prostora ( $R_U$ ) lahko zanemarimo, saj objekt ne vsebuje neogrevanih prostorov. Vse do sedaj našteje vrednosti seštejemo in dobimo skupno toplotno upornost  $R_T$ , ki znaša  $4,234 m^2/K$ .



Izračun toplotne prehodnosti je odvisen od naslednjih faktorjev:

$$U_c = U + \Delta U_g + \Delta U_f = 0,236 + 0,000 + 0,000 = 0,236 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (4.2)$$

$U_c$  – skupna toplotna prehodnost [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]

$U$  – toplotna prehodnost skozi vse elemente konstrukcije [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]

$\Delta U_g$  – korekcija zaradi zračnih prostorov v izolaciji [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]

$\Delta U_f$  – korekcija zaradi mehanskih spojníc [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]

Korekcija je zaradi zračnih prostorov v izolaciji ( $\Delta U_g$ ) enaka  $0,000 \text{ W/m}^2\text{K}$ , saj izolacija ne omogoča cirkulacije zraka na topli strani izolacije. Zračni prostori tako ne morejo prodirati skozi izolacijski sloj. Tudi vrednost korekcije zaradi mehanskih spojníc ( $\Delta U_f$ ) je enaka  $0,000 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Vrednost smo zanemarili, ker prispeva k minimalni razliki skupne toplotne upornosti ( $U_c$ ), ki na koncu znaša  $0,236 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

$$U_{max} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (4.3)$$

$U_{max}$  = največja dovoljena toplotna prehodnost

Upoštevajoč zgornji pogoj, da je največja dovoljena toplotna prehodnost  $0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$ , lahko potrdimo, da konstrukcija Kompaktna fasada – omet s toplotno prehodnostjo  $0,236 \text{ W/m}^2\text{K}$  ustreza zahtevam pravilnika za toplotno prehodnost.

Ostale toplotne prehodnosti za gradbene konstrukcije objekta sem izračunal po isti metodi – navajam jih v preglednici 4.2 za poslovni del ter v preglednici 4.3 za proizvodni del objekta. Vse konstrukcije ustrezajo zahtevam pravilnika za toplotno prehodnost in so manjše od največjih dovoljenih vrednosti.

**Preglednica 4.2: Toplotne prehodnosti gradbenih konstrukcij poslovnega dela objekta**

Gradbene konstrukcije poslovnega dela	Toplotna prehodnost konstrukcije ( $U$ [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ])	Največja dovoljena toplotna prehodnost konstrukcije ( $U_{max}$ [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ])
Kompaktna fasada - omet	0,236	0,280
Vmesne stene	0,734	0,900
Strop pritličje	0,340	0,900
Plavajoči estrih	0,167	0,350
Stropna konstrukcija	0,279	0,300
Okna	0,680	1,300
Vrata	1,200	1,600

**Preglednica 4.3: Toplotne prehodnosti gradbenih konstrukcij proizvodnega dela objekta**

Gradbene konstrukcije proizvodnega dela	Toplotna prehodnost konstrukcije ( $U$ [ $W/m^2K$ ])	Največja dovoljena toplotna prehodnost konstrukcije ( $U_{max}$ [ $W/m^2K$ ])
Zunanja stena panel	0,255	0,280
Vmesne stene	0,734	0,900
Streha panel	0,163	0,200
Plavajoči estrih	0,167	0,350
Okna	1,290	1,300
Vrata	1,200	1,600
Garažna vrata	1,600	2,000

### 4.3 Toplotne izgube, dobitki in potrebe objekta po toplotni energiji

V tem poglavju se bomo osredotočili na izračun toplotnih izgub in dobitkov za obravnavani objekt. Toplotne izgube sestavljajo transmisijske in prezračevalne izgube. Transmisijske izgube sestojijo iz neposrednih toplotnih izgub skozi ovoj stavbe iz ogrevanega prostora proti zunanosti, toplotnih izgub skozi tla in toplotnih izgub skozi prostore, ki niso ogrevani. Prezračevalne izgube nastanejo zaradi izmenjave zraka v prostoru. Poleg toplotnih izgub, ki so največkrat prikazane negativno, poznamo tudi toplotne dobitke, ki so v času kurilne sezone še posebej dobrodošli. Delimo jih na notranje toplotne dobitke in na toplotne dobitke sončne energije. Notranji toplotni dobitki so dobitki energije vseh virov, ki oddajajo toploto znotraj stavbe. Največkrat gre za toploto, ki jo oddajajo naprave in svetila. Dobitki sončne energije pa izhajajo iz sončnega obsevanja na dani lokaciji. Ko odštejemo skupne toplotne dobitke od toplotnih izgub, dobimo potrebo po toplotni energiji.

Pri izračunu toplotnih izgub smo razdelili objekt na poslovni in proizvodni del. Razdelili smo ga zato, ker bo ogrevanje potekalo ločeno za proizvodni in poslovni del objekta. Toplotne izgube za obravnavani objekt so izračunane s programom URSA.

### 4.3.1 Podatki in izračun toplotnih izgub in dobitkov poslovnega dela objekta

Preden smo začeli z izračunom, je program od nas zahteval podatke, s katerimi je preračunal toplotne izgube objekta. Nekatere podatke je program glede na samo lokacijo stavbe pridobil sam. Podatki so sledeči:

- Temperaturni primanjkljaj: 3700 K/dan.
- Začetek kurilne sezone: 250. dan.
- Konec kurilne sezone: 155. dan.
- Energija sončnega obsevanja: 1151 kWh/m<sup>2</sup>.
- Projektna temperatura: -13 °C.
- Povprečna mesečna najnižja zunanja temperatura: 0 °C.
- Povprečna mesečna zunanja temperatura najhladnejšega meseca: -3 °C.
- Povprečna mesečna zunanja temperatura najtoplejšega meseca: 18 °C.
- Kondicionirana prostornina cone  $V_c$ : 870,35 m<sup>3</sup>.
- Neto ogrevana prostornina cone  $V$ : 623,84 m<sup>3</sup>.
- Uporabna površina cone  $A_k$ : 222,80 m<sup>2</sup>.
- Dolžina cone: 18,50 m.
- Širina cone: 7,40 m.
- Višina etaže: 2,80 m.
- Število etaž: 2.
- Ogrevanje: cona je ogrevana.
- Notranja projektna temperatura ogrevanja: 20,00 °C.
- Urna izmenjava zraka: 0,70 h<sup>-1</sup>.
- Površina toplotnega ovoja cone: 451,94 m<sup>2</sup>.
- U-faktorji (podani v preglednici 4.2).

V preglednici 4.4 so navedene specifične transmisijske toplotne izgube skozi zunanje površine poslovnega dela stavbe. Zunanje površine smo poimenovali glede na njihovo orientiranost po straneh neba.

**Preglednica 4.4: Vrednosti toplotnih izgub skozi zunanje ovoje poslovnega dela objekta**

Oznaka	Orientacija	Ploščina [m <sup>2</sup> ]	Toplotna prehodnost [W/m <sup>2</sup> K]	Topl. izgube [W/K]
zid S aneks	S	31,2	0,296	9,24
zid J aneks	J	26,72	0,296	7,91
zid V aneks	V	84,3	0,296	24,95
strop mansarda		133,9	0,339	45,39
vrata V aneks	V	2,5	1,26	3,15
okna S aneks	S	12,48	1,350	16,85
akna J aneks	J	12,48	1,350	16,85
okna V aneks	V	14,36	1,350	19,39
skupaj				<b>143,72</b>

V nadaljevanju je podan primer preračuna transmisijskih toplotnih izgub skozi površino zida S aneks in vrednost skupnih transmisijskih izgub skozi zunanji ovoj poslovnega dela, ki predstavlja seštevek toplotnih izgub skozi vse stene ovoja poslovnega dela objekta:

$$L_{zid} = A_{zid} \times U_{zid} = 31,200 \times 0,296 = 9,24 \frac{W}{K} \quad (4.4)$$

$L_{zid}$  – transmisijske toplotne izgube skozi zid S poslovnega dela [W/K]

$A_{zid}$  – ploščina zida S aneks [m<sup>2</sup>]

$U_{zid}$  – toplotna prehodnost skozi zid S poslovnega dela [W/m<sup>2</sup>K]

$$L_{D1} = \sum L_{D1} = 143,72 \frac{W}{K} = 143,72 \frac{W}{K} \quad (4.5)$$

$L_{D1}$  – transmisijske toplotne izgube skozi zunanji ovoj poslovnega dela [W/K]

$\Sigma_{Ld1}$  – seštevek vseh transmisijskih toplotnih izgub skozi zunanji del poslovnega dela (preglednica 4.4) [W/K]

Glede na to, da imamo tla poslovnega dela objekta izolirana v horizontalnem delu (slika 4.3), so toplotne izgube skozi tla na terenu odvisne od več faktorjev. Zato je bilo v programu treba upoštevati še debelino in dolžino izolacije tal, njeno toplotno upornost, vrsto tal, debelino zunanjega zidu, površino in obseg talne konstrukcije ter njeno toplotno upornost. Vrednost izgub skozi tla tako znaša:

$$L_{S1} = A \times U_0 + O \times \Delta\Psi = 134 \times 0,131 + 51,2 \times (-0,017) = 16,68 \frac{W}{K} \quad (4.6)$$

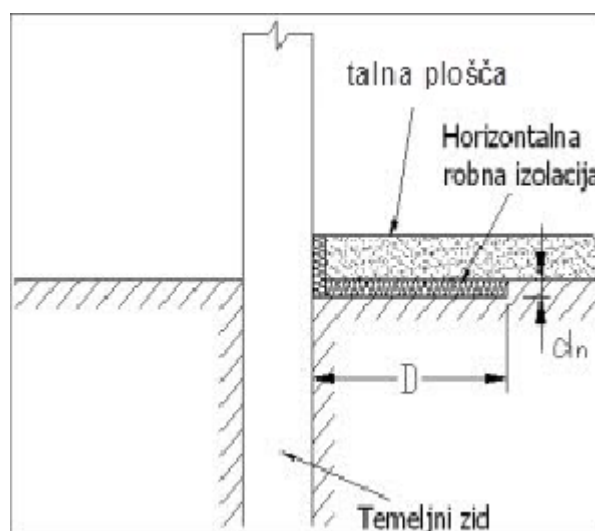
$L_{S1}$  – toplotne izgube skozi tla v terenu poslovnega dela [W/K]

$A$  – površina talne konstrukcije [ $m^2$ ]

$U_0$  – toplotna prehodnost tal [ $W/m^2K$ ]

$O$  – obseg talne konstrukcije [m]

$\Delta\Psi$  – korekcijski faktor [W/mK]



Slika 4.3: Shematski prikaz izolacije tal v poslovnem delu objekta

S seštevkem transmisijskih toplotnih izgub skozi zunanji ovoj in izgubami skozi tla terena dobimo skupne transmisijske izgube za poslovni del, ki znašajo:

$$H_{T1} = L_{D1} + L_{S1} = 143,72 \frac{W}{K} + 16,68 \frac{W}{K} = 160,40 \frac{W}{K} \quad (4.7)$$

$H_{T1}$  – skupne transmisijske izgube poslovnega dela [W/K]

$L_{D1}$  – transmisijske toplotne izgube skozi zunanji ovoj cone 1 [W/K]

$L_{S1}$  – transmisijske izgube skozi tla poslovnega dela [W/K]

Naj še omenim toplotne izgube zaradi prezračevanja, ki prav tako prispevajo svoj delež. V objekt se bo vgradila protitočna prezračevalna naprava z rekuperatorjem zraka, ki doseže izkoristek 90 %, in bo znižala prezračevalne izgube na minimum. Stopnja izmenjave zraka v coni 1 je  $0,70 \text{ h}^{-1}$  pri neto ogrevani prostornini  $623,84 \text{ m}^3$ . Prezračevalne izgube znašajo:

$$H_{V1} = \frac{V_p \times n}{3600} \times \rho_a c_a \times (1 - \eta) = \frac{623,84 \times 0,7}{3600} \times 1224 \times (1 - 0,9) = 14,85 \frac{W}{K} \quad (4.8)$$

$H_{V1}$  – toplotne izgube zaradi prezračevanja poslovnega dela [W/K]

$V_p$  – neto ogrevana prostornina [ $m^3$ ]

$n_z$  – stopnja izmenjave zraka [ $h^{-1}$ ]

$\rho_a c_a$  – prostorninska toplotna kapaciteta zraka [ $J/m^3K$ ]

$\eta$  – izkoristek prezračevalnega sistema

Koeficient skupnih toplotnih izgub je seštevek skupnih transmisijskih izgub in prezračevalnih izgub, ki za poslovni del znašajo:

$$H_1 = H_{T1} + H_{V1} = 160,40 \frac{W}{K} + 14,85 \frac{W}{K} = 175,25 \frac{W}{K} \quad (4.9)$$

$H_1$  – koeficient skupnih toplotnih izgub poslovnega dela [W/K]

$H_{T1}$  – skupne transmisijske izgube poslovnega dela [W/K]

$H_{V1}$  – toplotne izgube zaradi prezračevanja poslovnega dela [W/K]

S površino ovoja ogrevanega poslovnega dela lahko določimo koeficient transmisijskih toplotnih izgub po enoti površine ovoja, ki ne sme biti večji od maksimalno dovoljenega. Površina ovoja znaša 451,94 m<sup>2</sup>, največji dovoljeni koeficient transmisijskih toplotnih izgub pa je 0,41 W/m<sup>2</sup>K, torej spodaj izračunani koeficient ustreza zahtevam pravilnika.

$$H'_{T1} = \frac{H_{T1}}{A_1} = \frac{175,25 \frac{W}{K}}{451,94 m^2} = 0,35 \frac{W}{m^2 K} \quad (4.10)$$

$H'_{T1}$  – koeficient transmisijskih izgub po enoti površine ovoja poslovnega dela [W/m<sup>2</sup>K]

$H_{T1}$  – skupne transmisijske izgube poslovnega dela [W/m<sup>2</sup>K]

$A_1$  – površina ovoja ogrevanega poslovnega dela [m<sup>2</sup>]

Notranjih toplotnih dobitkov in dobitkov sončnega sevanja za poslovni del objekta ni.

V preglednici 4.5 navajam vrednosti toplotnih izgub in dobitkov ter njihove vsote. Vrednosti so preračunane v programu URSA, ki deluje skladno s standardom SIST EN 832. Od leve proti desni si sledijo: transmisijske, ventilacijske toplotne izgube, seštevek transmisijskih in ventilacijskih izgub, notranji toplotni dobitki, dobitki sončnega obsevanja, seštevek notranjih dobitkov in dobitkov sončnega obsevanja. Skrajno desno so navedene vrednosti potrebne toplote za ogrevanje poslovnega dela objekta. Na koncu pridemo do vrednosti 18099 kWh/a, ki predstavlja letno potrebo toplotne energije za poslovni del objekta.

**Preglednica 4.5: Toplotne potrebe poslovnega dela objekta po mesecih**

Mesec	QH, tr kWh	QH, pr kWh	QH, ht kWh	QH, nd kWh	QH, so kWh	QH, gn kWh	Q <sub>NH</sub> kWh
Januar	2.745	254	2.999	0	0	0	2.999
Februar	2.156	200	2.355	0	0	0	1.355
Marec	1.909	177	2.086	0	0	0	2.086
April	1.386	128	1.514	0	0	0	1.514
Maj	835	77	913	0	0	0	913
Junij	462	43	505	0	0	0	505
Julij	239	22	261	0	0	0	261
Avgust	358	33	391	0	0	0	391
September	693	64	757	0	0	0	757
Oktober	1.313	122	1.434	0	0	0	1.434
November	1.963	182	2.145	0	0	0	2.145
December	2.506	232	2.738	0	0	0	2.738
Skupaj	16.565	1.533	18.099	0	0	0	<b>18.099</b>

### 4.3.2 Podatki in izračun toplotnih izgub in dobitkov za proizvodni del objekta

Podatki za proizvodni del so naslednji:

- Temperaturni primanjkljaj: 3700 K/dan.
- Začetek kurilne sezone: 250. dan.
- Konec kurilne sezone: 155. dan.
- Energija sončnega obsevanja: 1151 kWh/m<sup>2</sup>.
- Projektna temperatura: -13 °C.
- Povprečna mesečna najnižja zunanja temperatura: 0 °C.
- Povprečna mesečna zunanja temperatura najhladnejšega meseca: -3 °C.
- Povprečna mesečna zunanja temperatura najtoplejšega meseca: 18 °C.
- Kondicionirana prostornina cone V<sub>e</sub>: 3959,30 m<sup>3</sup>.
- Neto ogrevana prostornina cone V: 3540,00 m<sup>3</sup>.
- Uporabna površina cone A: 534,00 m<sup>2</sup>.
- Dolžina cone: 18,40 m.
- Širina cone: 30,00 m.
- Višina etaže: 6,50 m.
- Število etaž: 1.
- Ogrevanje: cona je ogrevana.
- Notranja projektna temperatura ogrevanja: 18 °C.

- Urna izmenjava zraka:  $3,00 \text{ h}^{-1}$ .
- Površina toplotnega ovoja cone:  $1698,40 \text{ m}^2$ .
- U-faktorji (podani v preglednici 4.3).

Specifične transmisijske toplotne izgube proizvodnega dela so bistveno večje kot v poslovnem delu, saj imamo opravka z večjim prostorom, večjimi površinami zunanjega ovoja in večjimi toplotnimi prehodnostmi zunanjih sten, vrat, oken in strehe. Tla niso izolirana tako kot v poslovnem delu, zato so tudi izgube tal večje. Toplotne izgube proizvodnega dela skozi posamezne segmente zunanjega ovoja stavbe so podane v preglednici 4.6.

**Preglednica 4.6: Toplotne izgube proizvodnega dela skozi posamezne segmente zunanjega ovoja stavbe**

Oznaka	Orientacija	Ploščina [m <sup>2</sup> ]	Toplotna prehodnost [W/m <sup>2</sup> K]	Topl. izgube [W/K]
stena J hala	J	115,50	0,315	36,38
stena Z hala	Z	95,50	0,315	30,08
stena S hala	S	129,00	0,315	40,64
vrata vhodna J hala	J	2,50	1,660	4,15
vrata garažna J hala	J	18,00	1,660	29,88
vrata vhodna V hala	V	4,00	1,660	6,64
streha		563,00	0,223	125,55
okna J hala	J	40,00	1,350	54,00
okna Z hala	Z	28,00	1,350	37,80
okna S hala	S	48,00	1,350	64,80
skupaj				<b>437,92</b>

Ker je postopek izračuna toplotnih izgub in dobitkov proizvodnega dela enak kot pri poslovnem delu, ga ne bomo ponavljali. Izračunane vrednosti so podane v spodnji tabeli. Skupni koeficient vseh toplotnih izgub za proizvodni del objekta tako znaša  $855,60 \text{ W/K}$  (preglednica 4.7).

**Preglednica 4.7: Vrednosti toplotnih izgub skozi zunanje ovoje proizvodnega dela objekta**

	Vrednost [W/K]
Izgube cone 2 (hala)	
Transmisijske toplotne izgube skozi zunanji ovoj cone $L_{D2}$	437,92
Toplotne izgube skozi tla v terenu $L_{S2}$	56,6
Skupne transmisijske toplotne izgube $H_{T2}$	494,52
Toplotne izgube zaradi prezračevanja $H_{V2}$	361,08
Koeficient skupnih toplotnih izgub $H_2$	<b>855,60</b>



Prispevka notranjih toplotnih virov nismo upoštevali. Vrednost letnih toplotnih dobitkov sončnega sevanja za proizvodni del objekta znaša 12.799 kWh.

Končno upoštevanje vseh toplotnih izgub in dobitkov privede do rezultata 62.696 kWh/a. Vrednost predstavlja letno potrebno energijo za ogrevanje proizvodnega dela objekta in je navedena v preglednici 4.8, skupaj s potrebami energije po mesecih.

**Preglednica 4.8: Toplotne potrebe proizvodnega dela objekta po mesecih**

Mesec	QH, tr kWh	QH, pr kWh	QH, ht kWh	QH, nd kWh	QH, so kWh	QH, gn kWh	Q <sub>NH</sub> kWh
Januar	7.726	5.642	13.368	0	845	845	12.523
Februar	5.982	4.368	10.349	0	989	989	9.360
Marec	5.151	3.761	8.912	0	1.140	1.140	7.772
April	3.561	2.600	6.160	0	1.159	1.159	5.002
Maj	1.840	1.343	3.183	0	1.289	1.289	1.894
Junij	712	520	1.232	0	1.301	1.301	80
Julij	0	0	0	0	1.318	1.318	0
Avgust	368	269	637	0	1.296	1.296	0
September	1.424	1.040	2.464	0	1.153	1.153	1.312
Oktober	3.311	2.418	5.729	0	939	939	4.790
November	5.341	3.900	9.241	0	690	690	8.551
December	6.991	5.104	12.095	0	683	683	11.412
Skupaj	42.406	30.963	73.370	0	12.799	12.799	<b>62.696</b>

### 4.3.3 Skupne toplotne izgube in dobitki objekta

V tem poglavju so podane toplotne izgube in potrebe za celoten obravnavan objekt (preglednica 4.9).

**Preglednica 4.9: Toplotne izgube ovoja stavbe za celoten objekt**

Izgube objekta	Vrednost [W/K]
Transmisijske toplotne izgube skozi zunanji ovoj objekta $L_D$	581,64
Toplotne izgube skozi tla v terenu $L_S$	73,29
Skupne transmisijske toplotne izgube $H_T$	654,93
Toplotne izgube zaradi prezračevanja $H_V$	375,93
Koeficient skupnih toplotnih izgub $H$	<b>1.030,86</b>

V preglednici 4.10 so prikazane vrednosti potrebne energije za ogrevanje celotne stavbe po mesecih .

Preglednica 4.10: Potrebna energija za ogrevanje celotne stavbe po mesecih

Mesec	QH, tr kWh	QH, pr kWh	QH, ht kWh	QH, nd kWh	QH, so kWh	QH, gn kWh	Q <sub>NH</sub> kWh
Januar	10.471	5.896	16.367	0	845	1.008	15.359
Februar	8.138	4.567	12.705	0	989	1.138	11.567
Marec	7.060	3.938	10.998	0	1.140	1.287	9.711
April	4.947	2.728	7.675	0	1.159	1.304	6.370
Maj	2.675	1.421	4.096	0	1.289	1.435	2.660
Junij	1.174	563	1.737	0	1.301	1.412	329
Julij	239	22	261	0	1.318	1.323	0
Avgust	726	302	1.028	0	1.296	1.302	2
September	2.117	1.104	3.221	0	1.153	1.289	1.932
Oktober	4.624	2.539	7.163	0	939	1.086	6.077
November	7.304	4.081	11.386	0	690	836	10.550
December	9.497	5.336	1.4833	0	683	839	13.994
Skupaj	58.972	32.497	9.1468	0	12.799	14.258	<b>78.552</b>

Letna potrebna toplotna energija za ogrevanje celotnega objekta je 78.552 kWh/a. Letna potrebna toplotna energija za ogrevanje, preračunana na enoto prostornine ogrevanega dela, tako znaša 16,26 kWh/m<sup>3</sup>.

#### 4.3.4 Toplotna energija za ogrevanje sanitarne vode

V obravnavanem objektu bo zaposlenih 6 oseb. Obratovalni čas podjetja bo ob delavnikih od ponedeljka do petka, zato je treba zagotavljati toplo vodo 260 dni v letu po 10 ur dnevno. Predvidena je poraba 30 l tople vode na osebo, kar zneso 180 l na dan. Pri ogrevanju sanitarne vode lahko predpostavimo temperaturo vhodne vode na 10 °C in temperaturo segrevanja tople vode na 45 °C. Potrebna letna količina tople sanitarne vode in letna potrebna energija za ogrevanje vode torej znašata:

$$\text{poraba vode na dan} \times \text{število delovnih dni} = 180 \text{ l} \times 260 \text{ dni} = 46800 \frac{\text{l}}{\text{leto}} \quad (4.11)$$

$$Q_{san} = \frac{c_p \times m \times \Delta T}{3,6} = \frac{4,2 \text{ Kj/kgK} \times 46800 \text{ kg} \times 35^\circ\text{C}}{3600} = 1911 \text{ kWh/a} \quad (4.12)$$

$Q_{ST}$  – potrebna letna dovedena toplota za sanitarno vodo [kWh/a]

$c_p$  – specifična toplota vode [Kj/kgK]

$m$  – masa [kg]

$\Delta T$  – temperaturna razlika [K]

Če zgornjo enačbo podelimo s številom ur letnega ogrevanja, ki ga porabimo za pripravo sanitarne vode, dobimo potrebno moč za pripravo sanitarne vode, ki znaša približno 735 W.

#### 4.4 Opis in določitev moči ogreval

Ogrevala se določijo na osnovi toplotnih izgub po prostorih. V poslovnem delu zgradbe se bodo kot grelna telesa vgradili jekleni radiatorji tipa Vogel&Noot. Radiatorji so opremljeni s termostatskimi ventili in odzračevalnimi pipicami. Ogrevalni krog radiatorjev je reguliran z obtočno črpalko, tropotnim ventilom, pogonom in regulacijo, ki omogoča uravnavanje temperature ogrevane vode. Radiatorji so v osnovi barvani belo in pritrjeni na steno s tipskimi nosilci. Nameščeni bodo na zunanjih stenah, pretežno pod okni oz. na primernem mestu, ki ne bo motilo razporeditve notranjih elementov prostora. Cevni razvod je iz cevi Alumplast.

Za ogrevanje proizvodne hale je predvidena namestitev stropnih panelnih grelnikov. V prostoru so paneli nameščeni na višini 4,5 m. Paneli so opremljeni z zapornimi pipami in odzračevalnimi oz. polnilnimi ventili. Predviden toplotni režim sistema bo 70/55. Cevni razvod je iz jekleno valjanih cevi.

##### 4.4.1 Določitev grelnih teles za poslovni del objekta

Pri določitvi radiatorjev za poslovni del objekta je bilo treba preračunati skupne toplotne izgube za vsak prostor posebej. Povzel sem površine zunanjih in notranjih sten, tal, stropov, oken ter vrat prostora. Na podlagi že znanih koeficientov, prej naštetih površin, projektne temperature in želene temperature prostora smo pridobili informacijo o toplotni izgubi po prostorih.

Potrebna toplotna energija za ogrevanje poslovnega dela objekta:

$$P_{po} = H_1 \times \Delta T = 175,25 \frac{W}{K} \times 33 = 5783,25 W = 5,78 kW \quad (4.13)$$

$P_{po}$  – potrebna toplotna moč za ogrevanje poslovnega dela objekta [W]

$H_1$  – koeficient skupnih toplotnih izgub poslovnega dela [W/K]

$\Delta T$  – temperaturna razlika [°C]

V preglednici 4.11 so prikazane toplotne izgube in moči radiatorjev po prostorih poslovnega dela objekta za pritličje in nadstropje.

Preglednica 4.11: Toplotne izgube, tipi ogreval in moči ogreval po posameznih prostorih za poslovni del objekta

Prostori, pritličje	Temperatura prostora [°C]	Toplotne izgube [W]	Tip ogrevala (radiator)	Količina ogreval	Moč ogrevala [W]
Skladišče	18	250	21KVM/400/400	1	336
Kuhinja jedilnica	22	440	21KVM/400/600	1	504
Hodnik	18	64	21KVM/300/400	1	269
Shramba	18	14	/	/	/
Garderoba ženske	24	112	21KVM/300/400	1	269
Garderoba moški	24	306	21KVM/500/400	1	399
Stopnišče	18	43	/	/	/
Predprostor	18	556	21KVM/500/400	2	798
WC osebje	20	54	21KVM/300/400	1	269
Sprejemna pisarna	22	766	21KVM/400/600	2	1008
Skupaj pritličje		2605			3852
Prostori, nadstropje	Temperatura prostora [°C]	Toplotne izgube [W]	Tip ogrevala (radiator)	Količina ogreval	Moč ogrevala [W]
Skladišče	18	951	21KVM/500/600	2	1196
Prostor	20	146	21KVM/300/400	1	269
Hodnik	18	164	21KVM/400/400	1	336
Računovodstvo	22	387	21KVM/400/600	1	504
Stopnišče	18	101	/	/	/
WC osebje	20	100	21KVM/300/400	1	269
Pisarna	22	500	21KVM/500/600	1	598
Pisarna (direktor)	22	836	21KVM/400/600	2	1008
Skupaj nadstropje		3185			4180
<b>Skupaj poslovni del objekta</b>		<b>5790</b>			<b>8032</b>

Skupne toplotne izgube, preračunane po posameznih prostorih, sovpadajo z izračuni URSE. Pri močeh ogreval vedno izbiramo višje vrednosti od prvotno potrebnih – s tem ustvarimo nekakšno varno rezervo ogrevalne moči. Inštalirana ogrevalna moč mora tako biti nekoliko večja od potrebne toplotne moči za ogrevanje. Potrebna toplotna moč znaša 5790 W, medtem ko je inštalirana toplotna moč večja in znaša 8032 W.

Če je le možno, izbiramo vrednosti enega tipa radiatorja, v našem primeru je to tip 21 KVM. Dimenzije radiatorja prilagodimo potrebni moči za ogrevanje prostora in samemu mestu, na katerem bo radiator nameščen.

#### 4.4.2 Določitev grelnih teles za proizvodni del objekta

Potrebna toplotna energija za ogrevanje proizvodnega dela objekta:

$$P_{pr} = H_2 \times \Delta T = 855,60 \frac{W}{K} \times 34 K = 26523,6 W = 26,52 kW \quad (4.14)$$

$P_{pr}$  – potrebna toplotna moč za ogrevanje proizvodnega dela objekta [W]

$H_2$  – koeficient skupnih toplotnih izgub proizvodnega dela [W/K]

$\Delta T$  – temperaturna razlika [K]

Za ogrevanje proizvodnega dela bomo uporabili stropne panelne grelnike. Iz preglednic ponudnika panelnih grelnikov smo izbrali primerno emisijsko vrednost panela za proizvodni del objekta. Model grelnika je Sabiana DS3-09, dolžine 14 m in širine 0,9 m. Določitev emisijske vrednosti panela smo določili na podlagi spodnje enačbe, podatke za izračun pa smo pridobili iz uradnega kataloga proizvajalca [16]. Tako izračun emisijske vrednosti znaša:

$$Q_{pan} = K \times (\Delta T)^n = 4,4192 \times (64 - 18)^{1,1807} = 406 \frac{W}{m} \quad (4.15)$$

$Q_{pan}$  – emisijska vrednost panela po metru [W/m]

$K$  – toplotni koeficient panela

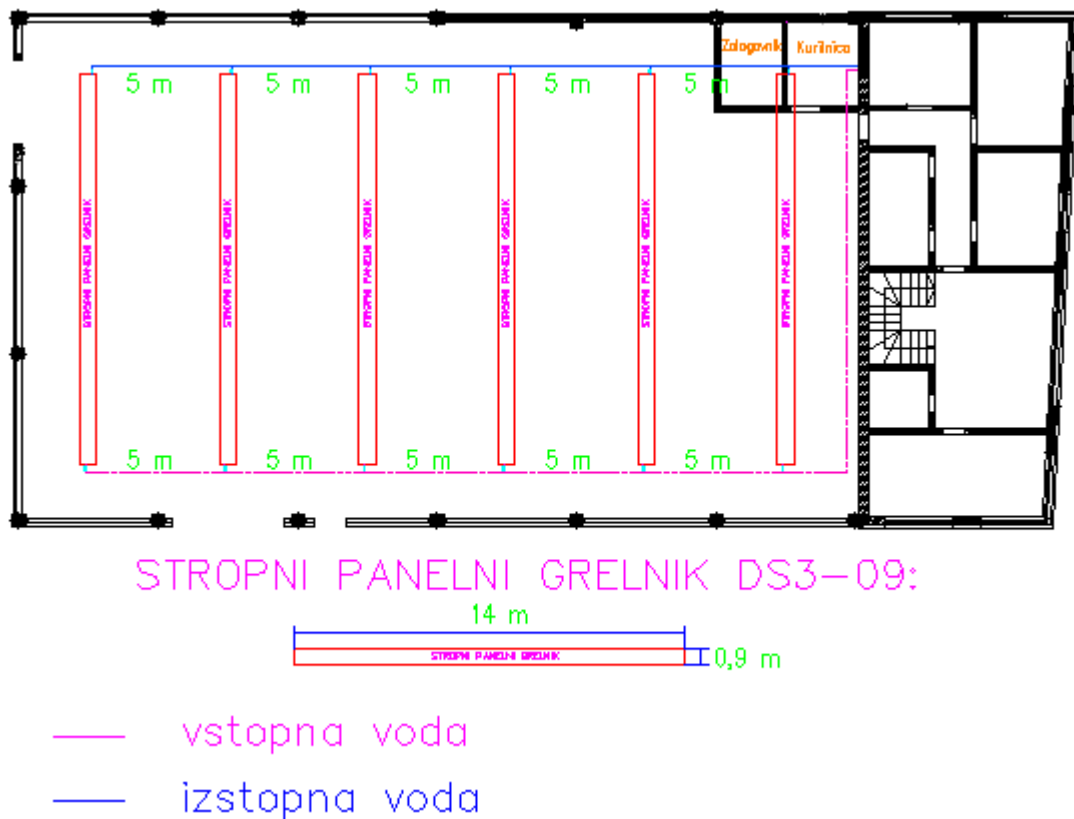
$\Delta T_m$  – razlika med srednjo temperaturo ogrevalnega medija in sobno temperaturo [K]

$n$  – toplotni eksponent panela

Na sliki 4.4 prikazujem primer uporabe panelnih grelnikov v praksi. Razporeditev panelnih grelnikov bo potekala v šestih vrstah, vsaka vrsta pa bo vsebovala grelnike z dolžino 14 m. Skupna dolžina grelnikov bo torej 84 m. Razporeditev prikazujem na sliki 4.5.

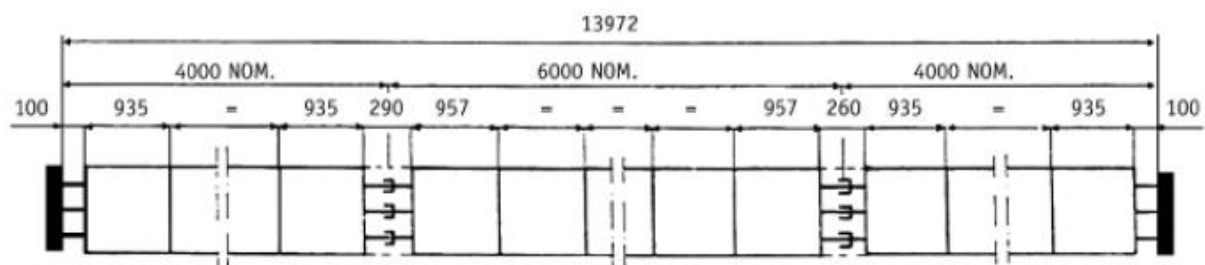


Slika 4.4: Primer uporabe panelnih grelnikov v praksi [16]



Slika 4.5: Prikaz razporeditve grelnikov v proizvodnem delu objekta

Proizvajalec zagotavlja dolžino panelov 14 m s sestavljanjem, saj v nasprotnem primeru prihaja pri montaži in transportu do težav zaradi prevelike dolžine panela. Tako je ena vrsta sestavljena iz dveh 4-metrskih in enega 6-metrškega panela. Shematski prikaz sestave ene vrste je prikazan na sliki 4.6.



Slika 4.6: Shematski prikaz sestave panelnega grelnika [16]

Skupna inštalirana moč ogrevalnih panelov za proizvodni del objekta je:

$$P_{inst2} = Q_{pan} \times l_{skupna} = 406 \frac{W}{m} \times 84 m = 34104 W = 34,1 kW \quad (4.16)$$

$P_{inst2}$  – inštalirana moč ogrevanja proizvodnega dela objekta [W]

$Q_{pan}$  – emisijska vrednost panela po metru [W/m]

$l_{skupna}$  – skupna dolžina inštaliranih panelov [m]

## 4.5 Skupna celotna letna potreba po toplotni energiji

S seštevkom potrebne moči za ogrevanje poslovnega, proizvodnega dela in sanitarne vode dobimo celotno potrebno moč za ogrevanje proizvodne hale:

$$P_{cel} = P_{po} + P_{pr} + P_{san} = 5,78 \text{ kW} + 26,52 \text{ kW} + 0,735 \text{ kW} = 33,04 \text{ kW} \quad (4.17)$$

$P_{cel}$  – celotna potrebna moč za ogrevanje objekta [W]

$P_{po}$  – potrebna moč za ogrevanje poslovnega dela [W]

$P_{pr}$  – potrebna moč za ogrevanje proizvodnega dela [W]

$P_{san}$  – potrebna moč za ogrevanje sanitarne vode [W]

S seštevkom inštalirane moči za poslovni in proizvodni del objekta ter moči za pripravo sanitarne vode dobimo maksimalno inštalirano moč za celoten objekt. Glede na ta podatek lahko izberemo moč kotla. Za naš primer ustreza 45 kW peletni kotel (s fleksibilnim transportnim dodajalnim sistemom), ki je skupaj s tehničnimi karakteristikami in ceno naveden v prilogi 2.

$$P_{inst} = P_{inst1} + P_{inst2} + P_{san} = 8032 \text{ W} + 34104 \text{ W} + 735 \text{ W} = 42871 \text{ W} = 42,9 \text{ kW} \quad (4.18)$$

$P_{inst}$  – celotna inštalirana moč sistema [W]

$P_{inst1}$  – inštalirana moč za poslovni del objekta [W]

$P_{inst2}$  – inštalirana moč za proizvodni del objekta [W]

$P_{san}$  – potrebna moč za ogrevanje sanitarne vode [W]

Potrebna količina ogrevalne energije za poslovni del objekta:

$$Q_{po} = \frac{P_{po} \times 24 \times TP}{1000 \times \Delta T} = \frac{5783 \text{ W} \times 24 \times 3700}{1000 \times 33} = 15562 \text{ kWh/a} \quad (4.19)$$

$Q_{po}$  – potrebna letna količina toplote za ogrevanje poslovnega objekta [kWh/a]

$P_{po}$  – potrebna moč za ogrevanje poslovnega dela [kW/a]

$TP$  – temperaturni primanjkljaj [K/dni]

$\Delta T$  – temperaturna razlika [K]

Potrebna količina ogrevalne energije za proizvodni del objekta:

$$Q_{pr,tr} = \frac{P_{pr} \times 24 \times TP}{1000 \times \Delta T} = \frac{26524 \text{ W} \times 24 \times 3700}{1000 \times 31} = 75978 \text{ kWh/a} \quad (4.20)$$

$Q_{pr,tr}$  – potrebna letna količina toplote za ogrevanje proizvodnega objekta [kWh/a]

$P_{pr}$  – potrebna moč za ogrevanje proizvodnega dela [kW/a]

$TP$  – temperaturni primanjkljaj [K/dni]

$\Delta T$  – temperaturna razlika [K]

Ker zgornja vrednost predstavlja količino ogrevalne energije brez odšteti toplotnih dobitkov zaradi sončnega obsevanja, je dejanska potrebna količina naslednja:

$$Q_{pr} = Q_{pr,tr} - Q_{so} = 75978 \frac{kWh}{a} - 12799 \frac{kWh}{a} = 63179 kWh/a \quad (4.21)$$

Potrebna energija za ogrevanje celotne stavbe:

$$Q_{cs} = Q_{po} + Q_{pr} = 15562 \frac{kWh}{a} + 63179 \frac{kWh}{a} = 78741 kWh/a \quad (4.22)$$

$Q_{cs}$  – potrebna količina za ogrevanje stavbe (brez sanitarne vode) [kWh/a]

$Q_{po}$  – potrebna letna količina toplote za ogrevanje poslovnega objekta [kWh/a]

$Q_{pr}$  – potrebna letna količina toplote za ogrevanje proizvodnega objekta [kWh/a]

Z vrednostjo iz enačbe 4.22 lahko potrdimo, da sovpada z vrednostjo, izračunano s programskim orodjem URSA iz preglednice 4.10.

Potrebna količina za ogrevanje sanitarne vode, povzeta iz enačbe (4.), je 1911 kWh/a. Skupna potrebna količina ogrevalne energije na letni ravni je seštevek potrebne količine ogrevalne energije za poslovni, proizvodni del in sanitarno vodo:

$$Q_{cel} = Q_{po} + Q_{pr} + Q_{san} = 15562 \frac{kWh}{a} + 63179 \frac{kWh}{a} + 1911 \frac{kWh}{a} = 80652 kWh/a \quad (4.23)$$

$Q_{cel}$  – celotna potrebna količina za ogrevanje stavbe [kWh/a]

$Q_{po}$  – potrebna letna količina toplote za ogrevanje poslovnega objekta [kWh/a]

$Q_{pr}$  – potrebna letna količina toplote za ogrevanje proizvodnega objekta [kWh/a]

$Q_{san}$  – potrebna letna količina toplote za ogrevanje sanitarne vode [kWh/a]



## 5 DIMENZIONIRANJE IN DOLOČITEV INŠTALACIJSKIH NAPRAV IN RAZVODOV

### 5.1 Cevni razvod poslovnega dela

Cevni razvod poslovnega dela objekta deluje na principu dvocevne sistema (vtok, iztok) po temperaturnem režimu 70/55. Cevi so iz materiala alumplast, ki združuje prednosti kovinske in plastične cevi ter istočasno izloča slabosti obeh materialov, zato so tudi zelo enostavne za montažo.

Razvod je razdeljen na dve ogrevalni veji. Tako imata pritličje in nadstropje svojo ogrevalno vejo. Pri določitvi dimenzij cevi se držimo orientacijskih vrednosti iz preglednice 5.1. Iz kurilnice je za ogrevanje pritličja speljana cev DN 25, ki se v talnem razvodu pritličja zreducira na DN 20. Priključki razvoda na radiatorje so izvedeni z DN 15 cevmi.

**Preglednica 5.1: Orientacijske vrednosti cevnih napeljav [11]**

Vrsta napeljave:	Približne orientacijske vrednosti:
Priključki za grelna telesa	DN 10 (do DN 15)
Dvižni vod za 2–4 grelna telesa	DN 15 (do DN 20)
Dvižni vod za 2–4 grelna telesa	DN 20 (do DN 25)
Dvižni vod + horizontalna razdelitev od 10 ogrevalnih zank	DN 25 (do DN 32)

Preračun cevnega razvoda smo opravili po metodi drevesne strukture. Najprej sem se lotil preračuna končnih priklopov razvoda na radiatorje oz. priključnih razvodov v velikosti reda DN 15. Vsi priključni razvodi izhajajo iz DN 20 cevi. DN 20 cev je zreducirana iz cevi DN 25, ki pride neposredno iz kurilnice. Tako dobimo na koncu potreben volumski pretok za celoten razvod nadstropja in pritličja, ki nam bo pozneje v pomoč pri določitvi obtočnih črpalk. Vse preračunane vrednosti razvodov po odcepkih za pritličje in nadstropje so podane v preglednicah 5.2 in 5.3.

Preglednica 5.2: Preračunane vrednosti cevnega razvoda za pritličje

Odcep pritličje	Toplotna moč [kW]	Dolžina odcepa [m]	Premer cevi [mm]	Debelina stene [mm]	Svetli premer [mm]	Volumen cevi [m <sup>3</sup> ]	Volumski pretok [m <sup>3</sup> /h]
1	0,840	14	20	2	16	0,003	0,036
2	0,296	5	20	2	16	0,001	0,013
3	0,296	7	20	2	16	0,001	0,013
4	0,399	9	20	2	16	0,002	0,017
5	0,798	18	20	2	16	0,004	0,034
6	0,269	5	20	2	16	0,001	0,012
7	1,008	12	20	2	16	0,002	0,043
8	3,852	26	25	2	21	0,009	0,165
9	3,852	7	30	2,6	24,8	0,003	<b>0,165</b>
						<b>0,026</b>	

Preglednica 5.3: Preračunane vrednosti cevnega razvoda za nadstropje

Odcep nadstropje	Toplotna moč [kW]	Dolžina odcepa [m]	Premer cevi [mm]	Debelina stene [mm]	Svetli premer [mm]	Volumen cevi [m <sup>3</sup> ]	Volumski pretok [m <sup>3</sup> /h]
1	1,196	13	20	2	16	0,003	0,051
2	0,432	9	20	2	16	0,002	0,019
3	0,605	7	20	2	16	0,001	0,026
4	0,598	14	20	2	16	0,003	0,026
5	0,269	5	20	2	16	0,001	0,012
6	0,269	5	20	2	16	0,001	0,012
7	1,008	12	20	2	16	0,002	0,043
8	4,180	20	25	2	21	0,007	0,180
9	4,180	11	30	2,6	24,8	0,005	<b>0,180</b>
						<b>0,025</b>	

Skupni volumen cevi za pritličje znaša 0,026 m<sup>3</sup>, za nadstropje pa 0,025 m<sup>3</sup>. Volumski pretok za celoten razvod pritličja znaša 0,165 m<sup>3</sup>/h ter za nadstropje 0,180 m<sup>3</sup>/h.

Predvidene izgube tlaka za pritličje poslovnega objekta smo upoštevali po pravilu 200 Pa/m, tem smo prišteli še izkustveno vrednost tlačnih izgub zaradi upora končnega in začetnega dela cevovoda (tropotni ventil), ki izkustveno znaša 14.000 Pa. Izgube cevne razvoda za pritličje in nadstropje so zbrane v preglednici 5.4.

Preglednica 5.4: Izkustveno določene tlačne izgube cevne razvoda pritličje in nadstropje

Upor cevne razvoda pritličje	34600 Pa
Upor cevne razvoda nadstropje	33200 Pa

## 5.2 Cevni razvod proizvodnega dela

Cevni razvod proizvodnega dela je dosti večji od poslovnega, zato je preračunan podrobneje. Razvod je sestavljen iz jekleno valjanih cevi. Nosilec toplote je topla voda sistema 70/55 °C.

Cevovod smo sprojektirali na priporočeno hitrost ogrevalnega medija, ki znaša 0,5 m/s. Sprva smo dobili nestandardizirane vrednosti premera cevi, ki smo jih zaokrožili na najbližji potrebnemu premeru (DN). Posledično se nam je zato spremenila hitrost za vsak odcep v cevovodu, ki je še vseeno blizu priporočeni hitrosti. Vstavil sem podatke za obstoječe stanje:

- $\Delta T = 15 \text{ °C}$
- $P_p = 6566 \text{ W}$
- $v = 0,478 \text{ mm}^2/\text{s}$
- $\rho = 983 \text{ kg/m}^3$
- $T_{\text{sred}} = 63 \text{ °C}$
- $c_p = 4190 \text{ J/kgK}$
- $k = 0,1 \text{ mm}$
- KSI ali CETA = (različen, odvisen od št. elementov na cevovodu)
- $v = 0,5 \text{ m/s}$
- $l = 5 \text{ m}$
- $D =$  (če preračunavamo po premeru cevi, je p)
- $d = 2\text{--}2,6 \text{ mm}$

in podatke preračunal po naslednjih formulah:

$$V_{pr} = \frac{P \times 3600}{c_p \times \Delta T} \quad (5.1)$$

$V_{pr}$  – volumski pretok [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

$P_p$  – moč panela [ $\text{W}$ ]

$c_p$  – spec. toplota [ $\text{J/kgK}$ ]

$\Delta T$  – temperaturna razlika [ $\text{K}$ ]

$$D_S = \sqrt{\frac{4 \times V_{pr}}{v \times \pi \times 0,0036}} \quad (5.2)$$

$D_S$  – svetli premer cevi [ $\text{mm}$ ]

$V_{pr}$  – volumski pretok [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

$v$  – hitrost v odcepu [ $\text{m/s}$ ]

$$D_s = D - 2 \times d \quad (5.3)$$

$D_s$  – svetli premer cevi [mm]

$D$  – premer cevi [mm]

$d$  – debelina stene cevi [mm]

$$V = \frac{\pi \times D_s^2 \times l}{4} / 1000000 \quad (5.4)$$

$V$  – volumen cevi [m<sup>3</sup>]

$D_s$  – svetli premer cevi [mm]

$l$  – dolžina cevnega odcepa [m]

$$v = D_s \times V_{pr} \quad (5.5)$$

$v$  – hitrost v odcepu [m/s]

$D_s$  – svetli premer cevi [mm]

$V_{pr}$  – volumski pretok [m<sup>3</sup>/h]

$$Re = \frac{D_s \times v}{\nu \times 1000} \quad (5.6)$$

$Re$  – Reynoldsovo število

$D_s$  – svetli premer cevi [mm]

$v$  – hitrost v odcepu [m/s]

$\nu$  – kinematična viskoznost [mm<sup>2</sup>/s]

$$U_p = \left( KSI + \frac{\lambda \times l}{D_s \times 1000} \right) \times \frac{\rho \times v^2}{2} \quad (5.7)$$

$U_p$  – upor cevnega odcepa [Pa]

$KSI$  – faktor lokalnih upor v cevovodu

$\lambda$  – koeficient trenja

$l$  – dolžina cevnega odcepa [m]

$D_s$  – svetli premer cevi [mm]

$\rho$  – gostota medija [kg/m<sup>3</sup>]

$v$  – hitrost v odcepu [m/s]

$$k_r = \frac{k}{D_s} \quad (5.8)$$

$k_r$  – relativna notranja hrapavost cevi [mm<sup>-1</sup>]

$k$  – absolutna notranja hrapavost cevi

$D_s$  – svetli premer cevi [mm]

$$\lambda = \frac{1}{[2 \log(\frac{k_r}{3,71} + (3 - 0,1 \log k_r) \frac{\log Re}{Re})]^2} \quad (5.9)$$

$\lambda$  – koeficient trenja

$k_r$  – relativna notranja hrupavost cevi

$Re$  – Reynoldsovo število

V preglednicah 5.5 in 5.6, so vse preračunane vrednosti cevnega razvoda za proizvodni del objekta.

**Preglednica 5.5: Preračunane vrednosti za cevni razvod proizvodnega dela**

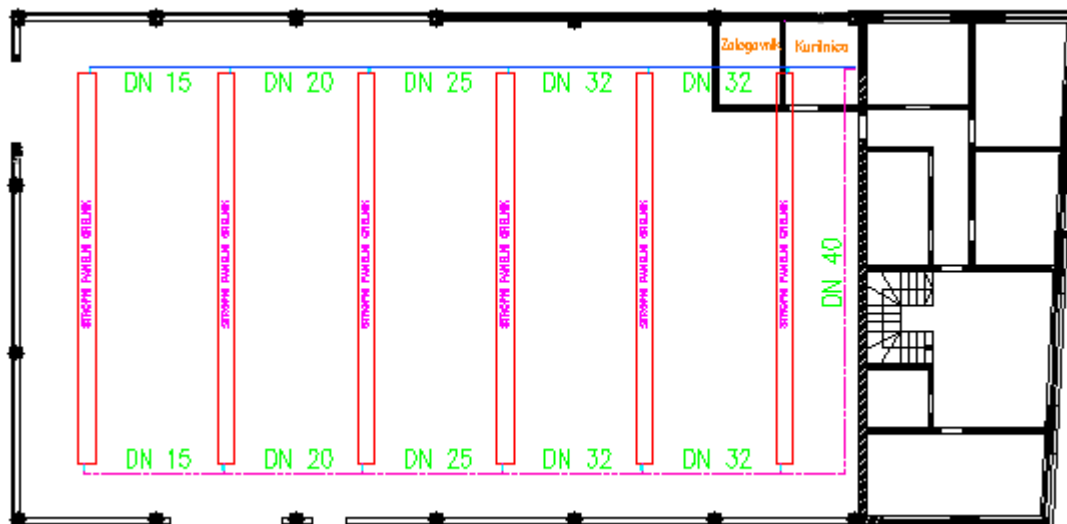
Oznaka odcepa	Toplotna moč [kW]	Dolžina odcepa [m]	Premer cevi [mm]	Debelina stene [mm]	KSI	Svetli premer cevi [mm]
1	5,684	5	20	2	15	16
2	11,368	5	25	2	31	21
3	17,052	5	30	2,6	46	24,8
4	22,736	5	38	2,6	61	32,8
5	28,420	5	38	2,6	72	32,8
6	34,104	25	44,5	2,6	89	39,3

**Preglednica 5.6: Preračunane vrednosti za cevni razvod proizvodnega dela**

Oznaka odcepa	Volumen cevi [m <sup>3</sup> ]	Volumski pretok [m <sup>3</sup> /h]	Hitrost v odcepu [m/s]	Reynoldsovo število	Koeficient trenja	Upor odcepa [Pa]	Vsota uporov [Pa]
1	0,001	0,326	0,45	15.063	0,037782	2.668	16.668
2	0,002	0,651	0,522	22.933	0,033938	5.235	21.903
3	0,002	0,977	0,562	29.158	0,031976	8.142	30.045
4	0,004	1,302	0,428	29.369	0,030288	5.907	35.952
5	0,004	1,628	0,535	36.711	0,029511	10.762	46.714
6	0,03	<b>1,953</b>	0,447	36.751	0,028504	10.521	57.235
	<b>0,043</b>						<b>57.235</b>

Pomembna podatka, ki bosta potrebna za določitev moči obtočne črpalke, sta volumski pretok, ki znaša 1,953 m<sup>3</sup>/h, in vsota celotnih uporov cevovoda, 57.235 Pa, v kar je že prištet upor začetnega in končnega elementa cevovoda (upor zaradi tropotnega ventila) izkustvene vrednosti 14.000 Pa.

Na sliki 5.1 je prikazana shema inštalacijskega razvoda z dimenzijami cevi za proizvodni del hale.



Slika 5.1: Shema cevnega razvoda z dimenzijami cevi za proizvodni del objekta

Dimenzioniranja cevovoda sem se lotil pri končnem grelnem panelu, kjer sem kot izračun dobil najmanjšo cev DN 15. Nato sem nadaljeval pri naslednjem panelu, kjer sem moral upoštevati moč končnega panela, da sem dobil primerno velikost cevi, ki bo zagotavljala potreben pretok za oba panela. Cev za oba panela je zato večja, saj moramo zagotoviti večjo pretočnost vode kot za en sam panel. Cev za oba panela je tako reda velikosti DN 20. Vrednost DN se od končnega panela, pa vse do kurilnice postopoma zvišuje.

### 5.3 Določitev obtočnih črpalk

V našem sistemu ogrevanja imamo 3 ločene veje ogrevanja:

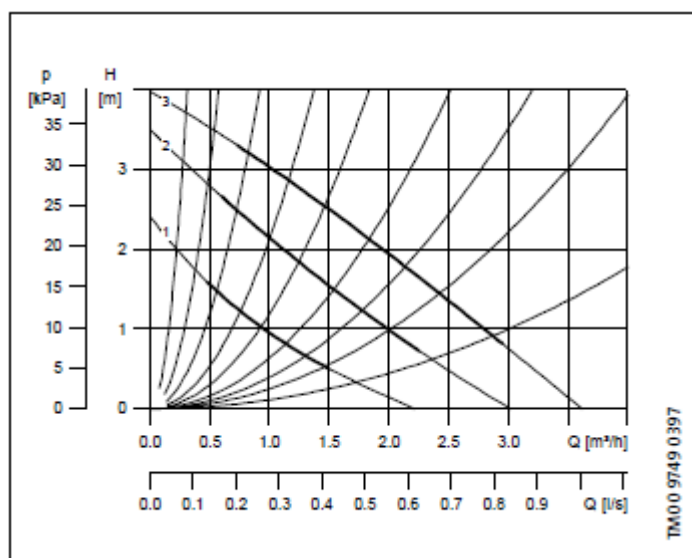
1. poslovni del – pritličje,
2. poslovni del – nadstropje,
3. proizvodni del.

Za določitev obtočnih črpalk potrebujemo podatek o volumskem pretoku in tlačnem padcu ogrevalne veje. Podatki za ogrevalne veje so povzeti iz preglednic 5.2, 5.3, 5.4 in 5.6. Zaradi boljšega pregleda so podatki ponovno zbrani v preglednici 5.7.

Preglednica 5.7: Potrebni podatki za določitev črpalk

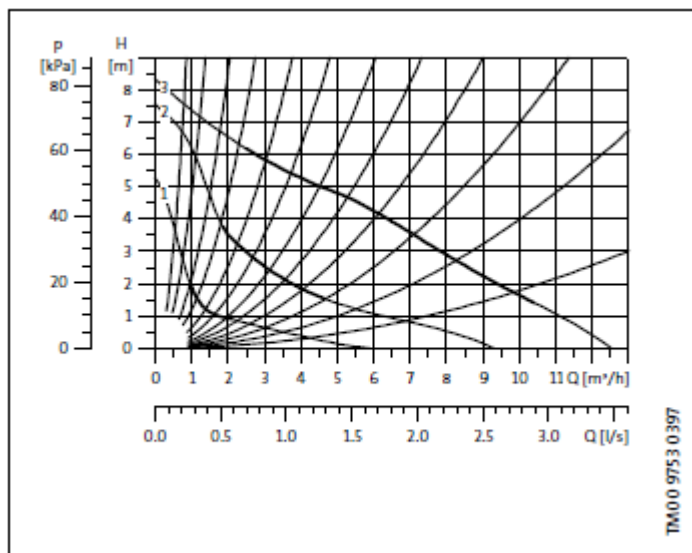
Ogrevalna veja	Volumenski pretok [m <sup>3</sup> /h]	Tlačni padec [Pa]
Poslovni del – pritličje	0,165	34.600
Poslovni del – nadstropje	0,180	33.200
Proizvodni del	1,953	57.235

Z znanimi podatki pretoka in tlačnega padca lahko določimo potrebne obtočne črpalke. Določili smo jih iz kataloga priznanega proizvajalca Grundfos. Za ogrevalni veji poslovnih delov (pritličje in nadstropje) smo za vsako posebej izbrali obtočno črpalko UPS 25-40. Številka 25 nam pove, da je priključek črpalke velikosti DN 25 in da ustreza začetni velikosti cevi ogrevalne veje za pritličje in nadstropje. Številka 40 pa pove maksimalni tlačni padec, ki ga je črpalka zmožna zagotavljati. Iz slike 5.2 lahko odčitamo, da bosta črpalci pri pretoku 0,165 in 0,180 m<sup>3</sup>/h lahko premagovali tlačni padec 34.600 Pa in 33.200 Pa.



Slika 5.2: Graf črpalke UPS 25-40 in tlačni padec v odvisnosti od volumskega pretoka [13]

Na enak način določimo črpalko za ogrevalno vejo proizvodnega dela. Za to potrebujemo večjo in močnejšo črpalko. Črpalka mora premagati tlačni padec 57.235 Pa pri pretoku 1,953 m<sup>3</sup>/h. Priključek črpalke mora biti reda velikosti DN 40. Zato izberemo črpalko tipa UPS 40–80 F. Iz slike 5.3 lahko razberemo, da črpalka ustreza danim zahtevam.



Slika 5.3: Graf črpalke UPS 40-80 F in tlačni padec v odvisnosti od volumskega pretoka [13]

## 5.4 Določitev zalogovnika za pelete

Ko dimenzioniramo zalogovnik za pelete, se moramo vprašati, koliko kg peletov potrebujemo na leto in koliko prostora bomo namenili za pelete. Če je le mogoče, naj zalogovnik zadostuje velikosti prostora skladiščenja za eno ogrevalno sezono. Torej je optimalna velikost zalogovnika preračunana predvidena poraba.

Letna poraba peletov:

$$B_p = \frac{Q_{cel}}{H_{pel} \times h_i} = \frac{80652 \text{ kWh/a}}{4,9 \text{ kWh/kg} \times 0,93} = 17698 \text{ kg} = 17,7 \text{ t} \quad (5.10)$$

$m_{letna}$  – letna količinska poraba peletov [kg]

$Q_{cel}$  – skupna potrebna količina toplotne energije za objekt [kWh/a]

$H_{pel}$  – povprečna kurilna vrednost peletov [kWh/kg]

$h_i$  – izkoristek kotla

Volumen, ki ga zasede letna količinska poraba peletov:

$$V_{pel} = \frac{m_{letna}}{\rho_n} = \frac{17698 \text{ kg}}{600 \text{ kg/m}^3} = 29,5 \text{ m}^3 \quad (5.11)$$

$V_{pel}$  – letni potreben volumen za pelete [m<sup>3</sup>]

$m_{letna}$  – letna poraba peletov [kg]

$\rho_n$  – povprečna gostota nasutja peletov [kg/m<sup>3</sup>]



Potrebno velikost zalogovnika sem izračunal glede na letno porabo peletov in jo podelil s povprečno gostoto nasutja lesnih peletov. Optimalna velikost letnega zalogovnika bi tako znašala  $29,5 \text{ m}^3$ . Ker objekt nima na voljo tako velikega prostora za zalogovnik, moramo problem rešiti drugače.

Skladiščni prostor za pelete bo izgledal kot na sliki spodaj – narejen bo v skladu z vsemi zahtevami za skladiščenje, ki so naslednje: [12]

- vzdolžen in pravokoten prostor na zunanjo steno,
- suh in dobro zatesnjen prostor,
- masivna gradnja (opeka),
- brez elektroinstalacij,
- upoštevanje protipožarnih ukrepov,
- poševno dno.



Slika 5.4: Izvedba zalogovnika [12]

Proizvodni del objekta bo imel za zalogovnik predviden zazidan prostor, v velikosti  $3 \text{ m} \times 2,25 \text{ m} \times 2,8 \text{ m}$ . Če predvidimo, da se bo zalogovnik polnil do višine  $1,6 \text{ m}$ , bo to ustrezalo volumnu peletov, približno  $10 \text{ m}^3$ . Znotraj  $10 \text{ m}^3$  je že odštet volumen, ki ga v prostoru zasede poševno dno, in znaša približno vrednost  $1 \text{ m}^3$ . Zalogovnik bi v tem primeru morali polniti 3-krat letno po  $6.000 \text{ kg}$  peletov. Polnjenje prilagodimo kurilni sezoni. Priporočljivo polnjenje naj bi nastopilo konec avgusta, naslednje v začetku decembra, zadnje pa konec februarja prihodnje leto.

## 6 STROŠKOVNA PRIMERJAVA Z DRUGIMI NAČINI OGREVANJA

V stroškovni primerjavi bomo upoštevali sistem gretja s peleti z ogrevanjem na plin in ogrevanje na kurilno olje. Inštalacijski razvod v vseh treh primerih ostane enak, prav tako tudi prostor, ki služi kot kurilnica. Obravnava se sistem do razvoda ogrevanja. Primerjavo sem izvedel na podlagi letnega stroška porabe energije za posamezen energent in vrednosti investicije za posamezen način ogrevanja z metodo neto sedanje vrednosti.

### 6.1 Investicijski stroški

Stroški zajemajo vrednost kotlov z vso pripadajočo opremo, pregledi in zagonom naprave. Pri določitvi cene zalogovnika smo upoštevali ceno m<sup>2</sup> poslovnega prostora, ki znaša približno 750 €/m<sup>2</sup>. Stroški morebitnih investicij so podani v preglednicah 6.1, 6.2 in 6.3.

Preglednica 6.1 Ocena investicijske vrednosti ogrevanja z lesno biomaso

Vrsta naložbe oz. storitve - ogrevanje z lesnimi peleti	Cena
Peletni kotel Herz Pelletstar 45kW	12.300,00 €
Fleksibilni spiralni transportni dodajalni sistem	1.900,00 €
Zalogovnik (prostor)	5.060,00 €
Dimnik	1.340,00 €
Zagon peči	240,00 €
Dimnikarski pregled	100,00 €
<b>Skupaj</b>	<b>20.940,00 €</b>

Preglednica 6.2 Ocena investicijske vrednosti ogrevanja na plin

Vrsta naložbe oz. storitve - ogrevanje na plin	Cena
Plinski kondenzacijski kotel Viessman Vitodens 200-W 45 kW	8.600,00 €
Priključitev plina na objekt (omarica, plinski števec, regulator tlaka, glavni ventil)	1.300,00 €
Dimnik	950,00 €
Zagon peči	240,00 €
Dimnikarski pregled	100,00 €
<b>Skupaj</b>	<b>11.190,00 €</b>

Preglednica 6.3 Ocena investicijske vrednosti ogrevanja s kurilnim oljem

Vrsta naložbe oz. storitve - ogrevanje s kurilnim oljem	Cena
Kotel na kurilno olje Viessman Vitorond 100 45 kW skupaj z gorilnikom	4.500,00 €
Dimnik	800,00 €
Cisterna za olje cca 5000 l	2.000,00 €
Zagon peči	240,00 €
Dimnikarski pregled	100,00 €
<b>Skupaj</b>	<b>7.640,00 €</b>

Iz preglednic lahko razberemo, da je najdražja investicija ogrevanje z lesnimi peleti.

## 6.2 Letni strošek porabe energije in obratovanja

Strošek je odvisen od količine letne porabe energenta in cene samega energenta. Izračunamo ga kot produkt cene energenta in njegove letne porabe. K letnemu strošku porabe energije spada tudi strošek energije, ki je potreben za delovanje pomožnih naprav sistema. Sem sodi strošek električne energije za pogon regulacije, obtočnih črpalk, dozirne naprave, ventilatorjev idr.

Obratovalni stroški pa so sestavljeni iz stroškov porabljenih za vzdrževanje in popravila ogrevalnega sistema.

Cene energentov so datumsko iz 1.6.2012 [14]

Izračun letne porabe stroškov ogrevanja na lesno biomaso s ceno lesnih peletov 220 €/tono oz. 0,22 €/kg. [14]

$$B_{pel} = \frac{Q_{cel}}{h_{pel} \times \eta_{kpel}} = \frac{80652 \text{ kWh/a}}{4,9 \text{ kWh/kg} \times 0,93} = 17698 \text{ kg} = 17,7 \text{ t} \quad (6.1)$$

$$S_{pel} = B_{pel} \times 0,22 \frac{\text{€}}{\text{kg}} = 17698 \text{ kg} \times 0,22 \frac{\text{€}}{\text{kg}} = 3893,6 \text{ €/leto} \quad (6.2)$$

Izračun letne porabe stroškov ogrevanja z zemeljski plinom s ceno plina 0,870 €/m<sup>3</sup>. [14]

$$B_{zp} = \frac{Q_{cel}}{h \times \eta_{kzp}} = \frac{80652 \text{ kWh/a}}{9,5 \text{ kWh/m}^3 \times 0,98} = 8662,94 \text{ m}^3 \quad (6.3)$$

$$S_{zp} = B_{zp} \times 0,870 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} = 8662,94 \text{ m}^3 \times 0,870 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} = 7536,8 \text{ €/leto} \quad (6.4)$$

Izračun letne porabe stroškov ogrevanja s kurilnim oljem s ceno energenta 1,003 €/l na dan 4.9.2012. [14]

$$B_{ko} = \frac{Q_{cel}}{h_{ko} \times \eta_{ko}} = \frac{80652 \text{ kWh/a}}{10,08 \text{ kWh/l} \times 0,89} = 8990,1 \text{ l} \quad (6.5)$$

$$S_{ko} = B_{ko} \times 1,003 \frac{\text{€}}{\text{l}} = 8990,1 \text{ l} \times 1,003 \frac{\text{€}}{\text{l}} = 9017,1 \text{ €/leto} \quad (6.6)$$

V preglednicah 6.4, 6.5 in 6.6 so navedeni letni stroški porabe energije z obratovalnimi stroški za posamezen način ogrevanja. Za servise kotlov in naprav smo računali 3 % glede na vrednost kotla.

Preglednica 6.4 Letni strošek porabe energije - lesni peleti

Ogrevanje s peleti - letni strošek porabe energije in delovanja	Cena
Letna poraba peletov	3.893,60 €
Poraba pomožnih naprav kotla	130,00 €
Servis peletnega kotla in naprav	370,00 €
Dimnikarski pregled (letni)	45,00 €
<b>Skupaj</b>	<b>4.438,60€</b>

Preglednica 6.5 Letni strošek porabe energije - plin

Ogrevanje s plinom - letni strošek porabe energije in obratovanja	Cena
Letna poraba plina	7.536,80 €
Poraba pomožnih naprav kotla	110,00 €
Servis plinskega kotla in naprav	230,00 €
Dimnikarski pregled (letni)	45,00 €
<b>Skupaj</b>	<b>7.921,80 €</b>

Preglednica 6.6 Letni strošek porabe energije - kurilno olje

Ogrevanje s kurilnim oljem - letni strošek porabe energije in obratovanja	Cena
Letna poraba olja	9.017,10 €
Poraba pomožnih naprav kotla	110,00 €
Servis kurilnega kotla in naprav	135,00 €
Dimnikarski pregled (letni)	45,00 €
<b>Skupaj</b>	<b>9.397,10 €</b>

Iz preglednic lahko razberemo, da ogrevanje z lesnimi peleti predstavlja najnižji letni strošek, medtem, ko ogrevanje s kurilnim oljem prikazuje najvišjo letno stroškovno vrednost.

### 6.3 Primerjalna tabela načinov ogrevanja

Zaradi boljšega pregleda nad cenami podajam preglednico 6.7, v kateri so zbrane skupne vrednosti vseh stroškov in stroškov investicije.

Preglednica 6.7 Investicijski stroški ter letni stroški porabe energije za vse energente

Način ogrevanja	Investicijski stroški	Stroški obratovanja in porabe energije
S peleti	20.940,00 €	4.483,60 €
S plinom	11.190,00 €	7.921,80 €
S kurilnim oljem	7.640,00 €	9.397,10 €

### 6.4 Stroškovno ovrednotenje naložb

Naložbe smo ovrednotili po dinamični metodi oz. metodi neto sedanje vrednosti. Pri tej metodi diskontiramo letne stroške in investicijske naložbe na začetni termin. S tem, ko jih diskontiramo, ustrezno vključimo časovno komponento, tako da so zneski investicijskih naložb in letnih stroškov v različnih časovnih enotah primerljivi. Vrednost stroškov in naložb moramo preračunati na neto sedanjo vrednost naložb in donosov. Pomemben faktor, ki izraža stopnjo zahtevanega donosa, se imenuje diskontna stopnja. [15]

Neto sedanjo vrednost preračunamo po enačbi (6.7):

$$NSV = SVD - I = \sum_{i=1}^n \frac{D}{(1+r)^i} - I \quad (6.7)$$

*NSV* – neto sedanja vrednost

*SVD* – sedanja vrednost stroškov [EUR]

*I* – sedanja vrednost naložbe [EUR]

*D* – letni strošek naložbe v [EUR]

*r* – diskontna stopnja [%]

V preglednicah 6.8, 6.9 in 6.10 so izračunane neto sedanje vrednosti naložb za vsak energent posebej. Računali smo v časovnem razponu 15 let. Za diskontno stopnjo sem izbral povprečno obrestno mero vezave za obdobje treh let in več, ki znaša približno 4%.

Preglednica 6.8 Izračuni neto sedanje vrednosti po letih za ogrevanje s lesnimi peleti

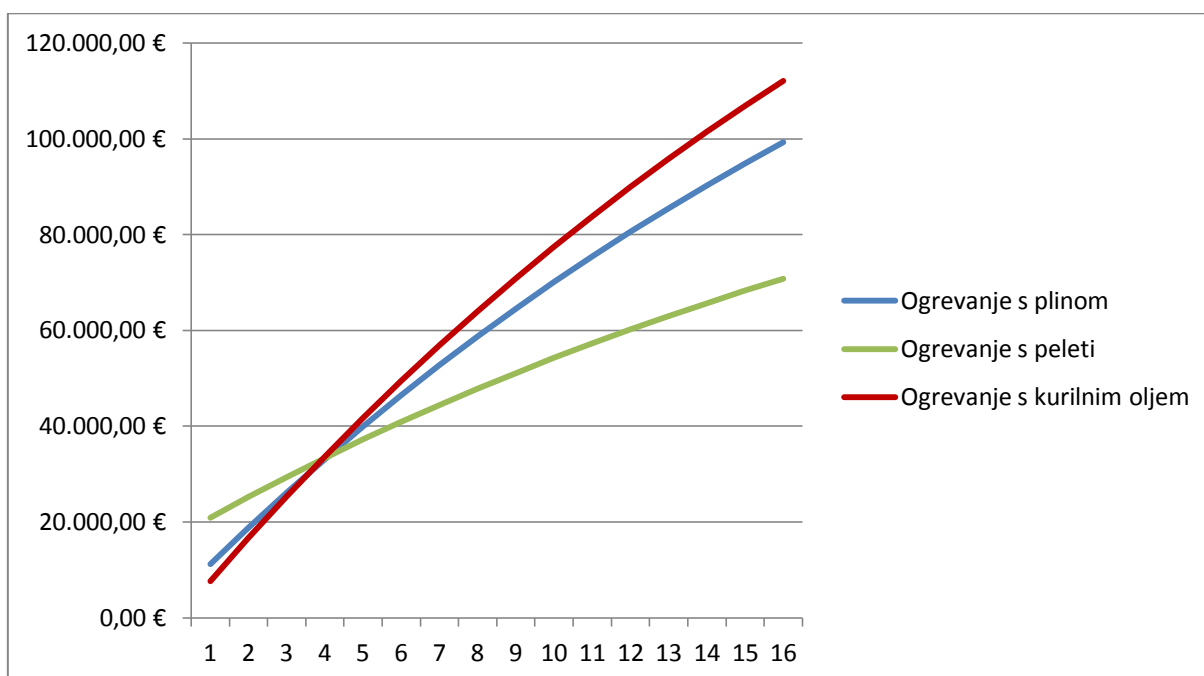
Leto	Letni strošek	Sedanja vrednost stroškov	Neto sedanja vrednost stroškov
0			20.940,00 €
1	4.483,60 €	4.311,15 €	25.251,15 €
2	4.483,60 €	4.145,34 €	29.396,49 €
3	4.483,60 €	3.985,90 €	33.382,40 €
4	4.483,60 €	3.832,60 €	37.215,00 €
5	4.483,60 €	3.685,19 €	40.900,19 €
6	4.483,60 €	3.543,45 €	44.443,64 €
7	4.483,60 €	3.407,17 €	47.850,81 €
8	4.483,60 €	3.276,12 €	51.126,93 €
9	4.483,60 €	3.150,12 €	54.277,05 €
10	4.483,60 €	3.028,96 €	57.306,01 €
11	4.483,60 €	2.912,46 €	60.218,47 €
12	4.483,60 €	2.800,44 €	63.018,92 €
13	4.483,60 €	2.692,73 €	65.711,65 €
14	4.483,60 €	2.589,17 €	68.300,82 €
15	4.483,60 €	2.489,58 €	70.790,40 €

Preglednica 6.9 Izračuni neto sedanje vrednosti po letih za ogrevanje z zemeljskim plinom

Leto	Letni strošek	Sedanja vrednost stroškov	Neto sedanja vrednost stroškov
0			11.190,00 €
1	7.921,80 €	7.617,12 €	18.807,12 €
2	7.921,80 €	7.324,15 €	26.131,26 €
3	7.921,80 €	7.042,45 €	33.173,72 €
4	7.921,80 €	6.771,59 €	39.945,30 €
5	7.921,80 €	6.511,14 €	46.456,45 €
6	7.921,80 €	6.260,71 €	52.717,16 €
7	7.921,80 €	6.019,92 €	58.737,08 €
8	7.921,80 €	5.788,38 €	64.525,46 €
9	7.921,80 €	5.565,75 €	70.091,21 €
10	7.921,80 €	5.351,68 €	75.442,89 €
11	7.921,80 €	5.145,85 €	80.588,74 €
12	7.921,80 €	4.947,93 €	85.536,68 €
13	7.921,80 €	4.757,63 €	90.294,31 €
14	7.921,80 €	4.574,64 €	94.868,95 €
15	7.921,80 €	4.398,69 €	99.267,64 €

Preglednica 6.10 Izračuni neto sedanje vrednosti po letih za ogrevanje s kurilnim oljem

Leto	Letni strošek	Sedanja vrednost stroškov	Neto sedanja vrednost stroškov
0			7.640,00 €
1	9.397,10 €	9.035,67 €	16.675,67 €
2	9.397,10 €	8.688,15 €	25.363,82 €
3	9.397,10 €	8.353,99 €	33.717,81 €
4	9.397,10 €	8.032,68 €	41.750,49 €
5	9.397,10 €	7.723,73 €	49.474,22 €
6	9.397,10 €	7.426,66 €	56.900,88 €
7	9.397,10 €	7.141,02 €	64.041,91 €
8	9.397,10 €	6.866,37 €	70.908,28 €
9	9.397,10 €	6.602,28 €	77.510,55 €
10	9.397,10 €	6.348,34 €	83.858,90 €
11	9.397,10 €	6.104,18 €	89.963,08 €
12	9.397,10 €	5.869,40 €	95.832,48 €
13	9.397,10 €	5.643,65 €	101.476,13 €
14	9.397,10 €	5.426,59 €	106.902,72 €
15	9.397,10 €	5.217,88 €	112.120,60 €



Slika 6.1 Graf primerjave neto sedanje vrednosti investicije po letih za vse tri načine ogrevanja

Iz grafa lahko razberemo, da v daljšem obdobju, kljub najvišji investiciji, največ pridobimo z ogrevanjem na lesne pelete. Sledi zemeljski plin, daleč v ozadju pa je kurilno olje, ki na žalost ni več konkurenčen način ogrevanja. Vidimo lahko, da se investicija ogrevalnega sistema na lesne pelete, zaradi nižje letne porabe v slabih osmih letih, izenači s

plinom, v dobrih treh letih pa tudi z ogrevanjem na kurilno olje. Po tem obdobju z ogrevanjem na lesne pelete iz ekonomskega vidika pridobivamo. Čeprav je vrednost investicije največja, se izkaže, da na ta način v obdobju 15 let privarčujemo največ denarja. Če se cene energentov ne bi spreminjale, bi v 15 letih, primerjalno z zemeljskim plinom, prihranili nekaj več kot 28.000 EUR, primerjalno s kurilnim oljem pa kar dobrih 41.000 EUR.



## 7 SKLEP

Lesna biomasa ima številne prednosti. Poleg tega, da je poceni vir energije, je tudi okolju prijazen vir energije. Zaradi trenutno neugodnih gospodarskih razmer cene fosilnih energentov skokovito naraščajo. Ljudje se tega zavedamo, saj vsako leto beležimo več uporabnikov lesno biomasnih sistemov. Z vse večjim porastom ogrevanja na lesno biomaso privarčujemo, obenem pa izkoriščamo bogat slovenski potencial lesne biomase. Posledično s tem spodbujamo slovensko gospodarstvo. Pri tem načinu ogrevanja ni videti nobene slabosti, morda le dražjo začetno investicijo, ki pa bo z leti in z večanjem števila uporabnikov teh sistemov postala samo še cenejša.

Diplomsko delo temelji na projektiranju sistema ogrevanja z lesno biomaso za proizvodno halo. Osnovo vsakega projektiranja ogrevanja predstavlja konstrukcija stavbe s svojimi lastnostmi. Pri tem je treba natančno vedeti, iz kakšnih materialov je sestavljen posamezni sklop stavbe. Ko govorim o sklopih, mislim predvsem na zunanje in notranje zidove, porozne površine oken, vrata, strešno konstrukcijo, konstrukcijo tal in medetažnih plošč. S poznavanjem sestave konstrukcije lahko izračunamo njihove toplotne prehodnosti. Naslednji korak predstavlja določitev toplotnih izgub konstrukcije, ki nas privedejo do toplotnih potreb stavbe po energiji. Toplotne potrebe so osnova za izbiro temperaturnega režima in ogreval, ki bodo v posameznem prostoru zagotavljala želeno temperaturo. Z vsemi temi podatki se lahko lotimo dimenzioniranja cevnega razvoda. Premeri cevi so že standardno določeni, zato se moramo pri preračunavanju cevnih razvodov prilagoditi meram standarda. Cevni razvod služi za prenos potrebne toplotne energije od kotla pa vse do ogrevala. Pri potovanju ogrevalnega medija (vode) skozi razvod prihaja do določenih izgub, ki jih nadomestimo z ustrežno izbiro obtočnih črpalk. Črpalke služijo premagovanju uporov in skrbijo za to, da voda v sistemu konstantno kroži.

Sistem ogrevanja z lesno biomaso smo primerjali z drugimi načini ogrevanja (zemeljski plin, kurilno olje). Ugotovili smo, da je ogrevanje z lesnimi peleti, kljub najvišji investiciji, na daljši rok še vedno najbolj poceni način ogrevanja. Zaradi nizkih cen lesnih peletov dosegamo najnižjo letno porabo goriva. Stopnja ugodja je zaradi razvite ogrevalne tehnike, med katero sodi ustrezno narejen zalogovnik, učinkovita dozirna naprava in visok izkoristek kotla z zelo malo pepelnega ostanka, primerljiva s plinskim in kurilno oljnim ogrevanjem.

## 8 LITERATURA

- [1] Bojan Grobovšek. *Ogrevanje z lesno biomaso* [svetovni splet], Ljubljana: Gradbeni inštitut ZRMK. Dostopno na WWW : <http://gcs.gi-zrmk.si/>
- [2] *Naravno kroženje CO<sub>2</sub>*. Dostopno na WWW: <http://www.enerles.si/sl/biomasa>
- [3] Darko Hrovatin, Lojze Šubic. *Čista energija iz gozda : Kotli na lesno biomaso za centralno ogrevanje* [svetovni splet], Ljubljana: Agencija za prestrukturiranje energetike, 2000. Dostopno na WWW : <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/PDFknjiznjicaAURE/V12-majhnikotli.pdf>
- [4] Vincenc Butala, Jani Turk. *Lesna biomaso : Neizkoriščen domači vir energije* [svetovni splet], Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, 1998. Dostopno na WWW : <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/PDFknjiznjicaAURE/V5-biomasa.pdf>
- [5] Energijski ekvivalenti med različnimi gorivi. Dostopno na WWW : [http://www.biomasa.zgs.gov.si/index.php?p=izracunaj\\_enрге](http://www.biomasa.zgs.gov.si/index.php?p=izracunaj_enрге)
- [6] Katarina Nemanič. *Delo in dom : Kotli na fosilna goriva in lesno biomaso: Izbrati je treba kotle z visokim izkoristkom* [svetovni splet]. Ljubljana : Delo d.d., 2009. Dostopno na WWW : <http://www.deloindom.si/lesna-biomasa/kotli-na-fosilna-goriva-lesno-biomasa-izbrati-je-treba-kotle-z-visokim-izkoristkom>
- [7] Fouad Al-Mnasour. *Proizvodnja toplotne in električne energije iz kmetijskih in rastlinskih ostankov* [svetovni splet]. Ljubljana : Institut Jožef Štefan – Center za energetska učinkovitost . Dostopno na WWW : [http://www.kis.si/datoteke/file/kis/SLO/MEH/Biomasa/Energija\\_iz\\_Kmetijskhi\\_rastlinskih\\_ostankov-IJS-CEU.pdf](http://www.kis.si/datoteke/file/kis/SLO/MEH/Biomasa/Energija_iz_Kmetijskhi_rastlinskih_ostankov-IJS-CEU.pdf)
- [8] *Dodajalni sistemi za peletne kotle*. Dostopno na WWW : [http://www.artim.si/kotli\\_na\\_pelete\\_herz.html](http://www.artim.si/kotli_na_pelete_herz.html)
- [9] Hinko Šolinc, Damir Staničič. *Soprodukcija toplotne in električne energije – od ideje do izvedbe* [svetovni splet]. Ljubljana : Institut Jožef Štefan – Center za energetska učinkovitost, 2002. Dostopno na WWW : <http://www.aure.gov.si/eknjiznica/V16-SPTE.pdf>
- [10] *Gradbena fizika URSA 4.0*. Dostopno na WWW : <http://www.ursa.si/>
- [11] *Orientacijske vrednosti cevni napeljav*. Dostopno na WWW : <http://www.instalater.si/clanek/153/Izracun-za-cevno-omre%C5%BEje>

- [12] *Izvedba zalogovnika za pelete*. Dostopno na WWW :  
[http://www.peleti.com/index.asp?pg\\_nr=2380&lang=sl](http://www.peleti.com/index.asp?pg_nr=2380&lang=sl)
- [13] *Uradni katalog črpalk GRUNDFOS serija 100*. Dostopna na WWW :  
[http://noteswww.grundfos.com/web/Homesi.nsf/ab34d734e50cd531c1256569004a2b74/5c50dcf74efba0b3c1256ddb0046e5c4/\\$FILE/Serija%20100%20965054401103.pdf](http://noteswww.grundfos.com/web/Homesi.nsf/ab34d734e50cd531c1256569004a2b74/5c50dcf74efba0b3c1256ddb0046e5c4/$FILE/Serija%20100%20965054401103.pdf)
- [14] *Cene energentov*. Dostopno na WWW :  
<http://www.postojna.si/podrocje.aspx?id=3862>
- [15] Klepec Anton. *Kako izdelati investicijski plan* [svetovni splet]. dostopno na WWW:  
<http://www.akc.si/finance-elaborat.htm>
- [16] *Uradni katalog proizvajalca panelnih grelnikov SABIANA*. Dostopno na WWW:  
[http://www.prutec.fi/data/esite\\_eng\\_prod\\_scheda.pdf](http://www.prutec.fi/data/esite_eng_prod_scheda.pdf)

## **PRILOGA 1: Izračun gradbenih konstrukcij stavbe**

### Seznam konstrukcij

Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom ,  $U_{max} = 0,280 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

- Kompaktna fasada - omet,  $U = 0,236 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $T_F = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

Notranje stene med ogrevanimi prostori različnih enot, različnih uporabnikov ali lastnikov v nestanovanjskih stavbah,  $U_{max} = 0,900 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Medetažne konstrukcije med ogrevanimi prostori različnih enot, različnih uporabnikov ali lastnikov v nestanovanjskih stavbah ,  $U_{max} = 0,900 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Tla na terenu (ne velja za industrijske zgradbe) ,  $U_{max} = 0,350 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

- 1.1 PLAVAJOČI ESTRIH - KOMBINACIJA IZOLACIJ,  $U = 0,167 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $T_F = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

Tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo ,  $U_{max} = 0,350 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

- 2.1 PLAVAJOČI ESTRIH,  $U = 0,177 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $T_F = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

Tla nad zunanjim zrakom ,  $U_{max} = 0,300 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

- STROPNA KONSTRUKCIJA,  $U = 0,279 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $T_F = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

Strop proti neogrevanemu prostoru ,  $U_{max} = 0,200 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Vertikalna okna ali balkonska vrata in greli zimski vrtovi z okvirji iz lesa ali umetnih mas ,  $U_{max} = 1,300 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

- OKNO,  $U = 1,290 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $T_F = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

Vhodna vrata ,  $U_{max} = 1,600 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

- VRATA,  $U = 1,200 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $T_F = 0 \text{ }^\circ\text{C}$

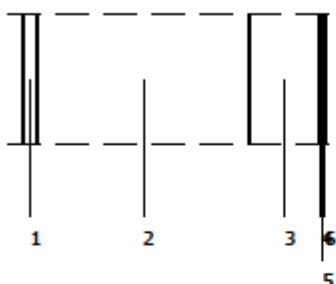
Garažna vrata  $U_{max} = 2,000 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

**IZRAČUN GRADBENIH KONSTRUKCIJ STAVBE**

Konstrukcija: Kompaktna fasada - omet

Notranja temperatura: 20 °C

Vrsta konstrukcije: zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom.



- 1 PODALJŠANA APNENA MALTA 1900
- 2 POROZNA OPEKA 800
- 3 BAUMIT OPEN PLUS
- 4 BAUMIT HAFTMOERTEL
- 5 BAUMIT HAFTMOERTEL
- 6 BAUMIT EDELPUTZ SPEZIAL

slj	material	debelina cm	gostota kg/m	spec.topl. J/kgK	topl.pr. W/mK	dif.odpor	topl.odpor. m <sup>2</sup> K/W
1	PODALJŠANA APNENA MALTA 1900	2,000	1.900	1.050	0,990	25	0,020
2	POROZNA OPEKA 800	30,000	800	920	0,330	3	0,909
3	BAUMIT OPEN PLUS	10,000	15	1.450	0,032	10	3,125
4	BAUMIT HAFTMOERTEL	0,300	1.350	1.050	0,800	18	0,004
5	BAUMIT HAFTMOERTEL	0,200	1.350	1.050	0,800	18	0,003
6	BAUMIT EDELPUTZ SPEZIAL	0,300	1.480	1.050	0,800	15	0,004

**Izračun toplotne prehodnosti**

$$R_q = R_{si} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_{se} + R_{si} = 0,130 + 4,064 + 0,040 + 0,000 = 4,234 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_q = U + U_{ext} = 0,236 + 0,000 = 0,236 \text{ W/m}^2\text{K} \quad U_{max} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}, \quad \text{toplotna prehodnost je ustrezna}$$

**Izračun kondenzacije na površini**

Kriterij: preprečevanje plesni

Način izračuna: uporaba razreda vlažnosti

Mesec	$t_{in}$ °C	$t_{out}$ °C	$P_a$ Pa	$P$ Pa	$P_i$ Pa	$P_{sat}(t_i)$ Pa	$\alpha_{i,min}$ °C	$t_i$ °C	$f_{rel}$
Januar	-3,0	85,00	404	0	404	505	-2,3	20	0,031
Februar	0,0	80,00	488	0	488	610	0,0	20	-
Marec	4,0	75,00	610	0	610	762	3,1	20	-
April	8,0	70,00	751	0	751	938	6,1	20	-
Maj	13,0	75,00	1.123	0	1.123	1.403	12,0	20	-
Junij	16,0	75,00	1.363	0	1.363	1.704	15,0	20	-
Julij	18,0	75,00	1.547	0	1.547	1.934	17,0	20	-
Avqust	17,0	80,00	1.549	0	1.549	1.937	17,0	20	-
September	14,0	80,00	1.278	0	1.278	1.598	14,0	20	-
Oktober	9,0	85,00	975	0	975	1.219	9,9	20	0,082
November	3,0	85,00	644	0	644	805	3,9	20	0,050
December	-1,0	85,00	478	0	478	597	-0,3	20	0,035

$$f_{rel} = 0,941 > R_{rel,max} = 0,0819 \quad \text{konstrukcija ustreza glede površinske kondenzacije}$$

**Izračun difuzije vodne pare**

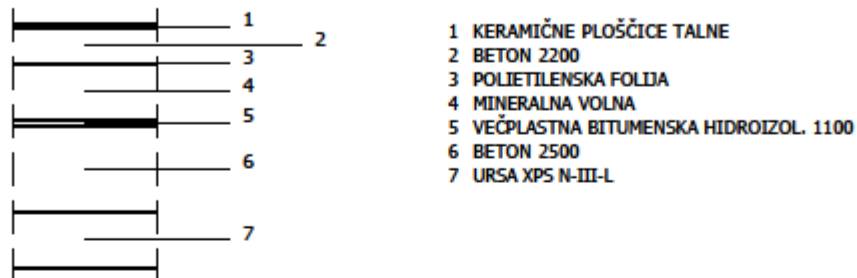
V konstrukciji ne pride do kondenzacije vodne pare.

**IZRAČUN GRADBENIH KONSTRUKCIJ STAVBE**

Konstrukcija: 1.1 PLAVAJOČI ESTRIH - KOMBINACIJA IZOLACIJ

Notranja temperatura: 20 °C

Vrsta konstrukcije: tla na terenu (ne velja za industrijske zgradbe).



skoj	material	debelina cm	gostota kg/m	spec.topl. J/kgK	topl.pr. W/mK	dif.odpor	topl.odpor. m <sup>2</sup> K/W
1	KERAMIČNE PLOŠČICE TALNE	1,000	2.300	920	1,280	200	0,008
2	BETON 2200	6,000	2.200	960	1,510	30	0,040
3	POLIETILENSKA FOLIJA	0,020	1.000	1.250	0,190	80.000	0,001
4	MINERALNA VOLNA	10,000	250	840	0,035	1	2,857
5	VEČPLASTNA BITUMENSKA HIDROIZOL. 1100	1,000	1.100	1.460	0,190	14.000	0,053
6	BETON 2500	15,000	2.500	960	2,330	90	0,064
7	URSA XPS N-III-L	10,000	35	1.500	0,036	150	2,778

**Izračun toplotne prehodnosti**

$$R_s = R_{in} + \frac{d}{\lambda} + R_{an} + R_{vn} = 0,170 + 5,801 + 0,000 + 0,000 = 5,971 \text{ m}^2\text{K/W}$$

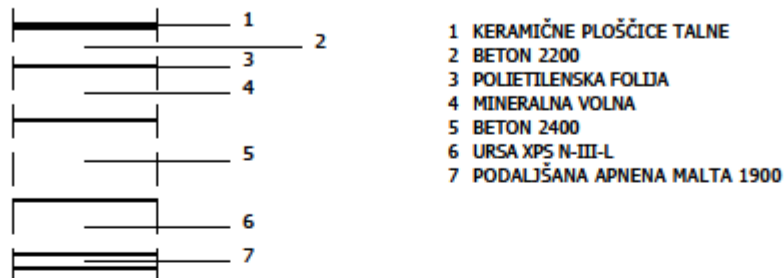
$$U_c = U + U_{vn} = 0,167 + 0,000 = 0,167 \text{ W/m}^2\text{K} \quad U_{max} = 0,350 \text{ W/m}^2\text{K}, \quad \text{toplotna prehodnost je ustrezna}$$

**IZRAČUN GRADBENIH KONSTRUKCIJ STAVBE**

Konstrukcija: 2.1 PLAVAJOČI ESTRIH

Notranja temperatura: 20 °C

Vrsta konstrukcije: tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo.



skoj	material	debelina cm	gostota kg/m	spec.topl. J/kgK	topl.pr. W/mK	dif.odpor	topl.odpor. m <sup>2</sup> K/W
1	KERAMIČNE PLOŠČICE TALNE	1,000	2.300	920	1,280	200	0,008
2	BETON 2200	7,000	2.200	960	1,510	30	0,046
3	POLIETILENSKA FOLIJA	0,020	1.000	1.250	0,190	80.000	0,001
4	MINERALNA VOLNA	10,000	140	1.030	0,040	1	2,500
5	BETON 2400	15,000	2.400	960	2,040	60	0,074
6	URSA XPS N-III-L	10,000	35	1.500	0,036	150	2,778
7	PODALJŠANA APNENA MALTA 1900	2,500	1.900	1.050	0,990	25	0,025

**Izračun toplotne prehodnosti**

$$R_s = R_{si} + \frac{d}{\lambda} + R_{se} + R_{sa} = 0,170 + 5,432 + 0,040 + 0,000 = 5,642 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_c = U + U_{sa} = 0,177 + 0,000 = 0,177 \text{ W/m}^2\text{K} \quad U_{max} = 0,350 \text{ W/m}^2\text{K}, \quad \text{toplotna prehodnost je ustrezna}$$

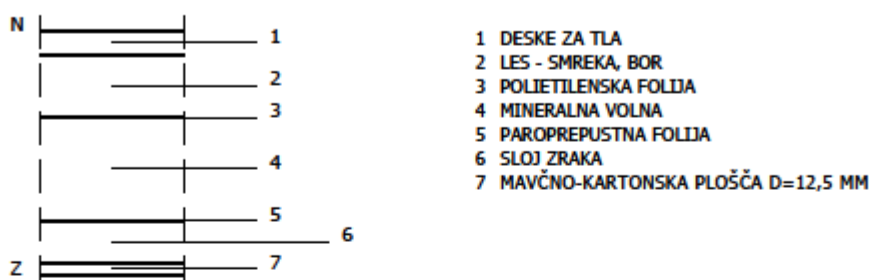


**IZRAČUN GRADBENIH KONSTRUKCIJ STAVBE**

Konstrukcija: STROPNA KONSTRUKCIJA

Vrsta konstrukcije: tla nad zunanjim zrakom.

Notranja temperatura: 20 °C



slaj	material	debelina cm	gostota kg/m	spec.topl. J/kgK	topl.pr. W/mK	dif.odpor	topl.odpor. m <sup>2</sup> K/W
1	DESKE ZA TLA	2,400	520	1.670	0,140	15	0,171
2	LES - SMREKA, BOR	6,000	600	2.090	0,140	70	0,429
3	POLIETILENSKA FOLIJA	0,020	1.000	1.250	0,190	80.000	0,001
4	MINERALNA VOLNA	10,000	140	1.030	0,040	1	2,500
5	PAROPREPUSTNA FOLIJA	0,047	220	960	0,190	43	0,002
6	SLOJ ZRAKA	4,000	1	1.005	0,190	1	0,211
7	MAVČNO-KARTONSKA PLOŠČA D=12,5 MM	1,250	900	840	0,210	12	0,060

**Izračun toplotne prehodnosti**

$$R_s = R_{se} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_{si} + R_{se} = 0,170 + 3,374 + 0,040 + 0,000 = 3,584 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_c = U + U = 0,279 + 0,000 = 0,279 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{max} = 0,300 \text{ W/m}^2\text{K}, \text{ toplotna prehodnost je ustrezna}$$

**Izračun kondenzacije na površini**

Kriterij: preprečevanje plesni

Način izračuna: uporaba razreda vlažnosti: stanovanjski prostor z veliko uporabo

Mesec	$t_{in}$ °C	$t_{out}$ °C	$P_{in}$ Pa	$P_{out}$ Pa	$P_1$ Pa	$P_{max}(w)$ Pa	$t_{s,min}$ °C	$t$ °C	$f_{rel}$
Januar	-3,0	85,00	404	1.080	1.592	1.990	17,4	20	0,888
Februar	0,0	80,00	488	1.080	1.676	2.096	18,3	20	0,913
Marec	4,0	75,00	610	864	1.560	1.950	17,1	20	0,819
April	8,0	70,00	751	648	1.463	1.829	16,1	20	0,675
Maj	13,0	75,00	1.123	378	1.539	1.923	16,9	20	0,556
Junij	16,0	75,00	1.363	216	1.601	2.001	17,5	20	0,379
Julij	18,0	75,00	1.547	108	1.666	2.082	18,2	20	0,075
Avqust	17,0	80,00	1.549	162	1.728	2.159	18,7	20	0,577
September	14,0	80,00	1.278	324	1.635	2.043	17,8	20	0,641
Oktober	9,0	85,00	975	594	1.629	2.036	17,8	20	0,799
November	3,0	85,00	644	918	1.654	2.067	18,0	20	0,884
December	-1,0	85,00	478	1.080	1.666	2.082	18,1	20	0,912

$$f_{rel} = 0,930 > R_{rel,max} = 0,9125 \text{ konstrukcija ustreza glede površinske kondenzacije}$$

**Izračun difuzije vodne pare**

V konstrukciji ne pride do kondenzacije vodne pare.

**PROZORNE KONSTRUKCIJE**

Konstrukcija	$U_{gl}$ W/m <sup>2</sup> K	$U_{tr}$ W/m <sup>2</sup> K	$F_{tr}$	$U$ W/m <sup>2</sup> K	$U_{max}$ W/m <sup>2</sup> K	Ustreza
OKNO	0,90	2,20	0,30	1,29	1,30	DA
okna hala	0,90	2,20	0,30	1,29	1,30	DA

**NEPROZORNA ZUNANJA VRATA**

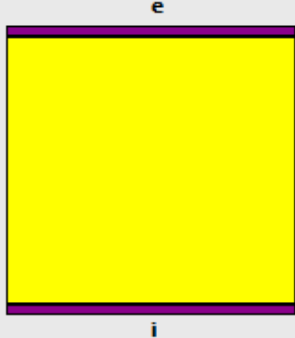
Naziv	$U$	$U_{max}$	Ustreza
VRATA	1,200	1,600	DA
GARAŽNA VRATA	1,600	2,000	DA

**Konstrukcija:** Zunanja stena panel (proizvodni del objekta)

Naziv gradbene konstrukcije		Notr. temperatura (°C)	
Zunanja stena panel		20	
<input type="button" value="V redu"/>			
Material	Debelina (cm)		
▶ JEKLO	0,6000	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="background-color: #90EE90; padding: 2px;">Znotraj</div> <div style="background-color: #00FFFF; padding: 2px;">Zunaj</div> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li> Dodaj</li> <li> Vrini</li> <li> Spremeni</li> <li> Briši</li> <li> Dodaj strukturo iz projekta</li> <li> Dodaj iz kataloga URSA</li> <li> Dodaj iz Moje konstrukcije</li> <li> Shrani v Moje konstrukcije</li> </ul>	
POLIURETANSKA PENA 80	15,0000		
JEKLO	0,6000		
Skupna debelina		16,2000	
<input checked="" type="checkbox"/> Toplotna prehodnost <input checked="" type="checkbox"/> Notranja kondenzacija <input checked="" type="checkbox"/> Kondenzacija na površini			
$R_{Si}$ (m <sup>2</sup> K/W)	0,130		
$R_{Se}$ (m <sup>2</sup> K/W)	0,040		
<b>Toplotna upornost konstrukcije R</b> (m <sup>2</sup> K/W)	3,920		
Toplotna upornost neogrevanega prostora $R_U$	0,000		
<b>Skupna toplotna upornost <math>R_T</math></b> (m <sup>2</sup> K/W)	3,920		
Toplotna prehodnost U (W/m <sup>2</sup> K)	0,255		
Korekcija zaradi zračnih prostorov $\Delta U_g$ (W/m <sup>2</sup> K)	0,000		
Korekcija zaradi mehanskih spojin $\Delta U_f$ (W/m <sup>2</sup> K)	0,000		
<b>Skupna toplotna prehodnost <math>U_C</math></b> (W/m <sup>2</sup> K)	0,255	<p style="text-align: center;">Toplotna prehodnost je ustrezna.</p>	
<b>Največja dovoljena <math>U_{max}</math></b> (W/m <sup>2</sup> K)	0,280		

(Zaradi neustrezne notranje kondenzacije, program izloči konstrukcijo iz končnega elaborata, zato konstrukcijo podajam kot sliko iz programa URSA.)

**Konstrukcija:** Streha panel (proizvodni del objekta)

Naziv gradbene konstrukcije		Notr. temperatura (°C)		V redu	
Streha panel		20			
Material	Debelina (cm)				
▶ JEKLO	0,6000	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Znotraj</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Zunaj</div> </div>			
POLIURETANSKA PENA 15	15,0000				
JEKLO	0,6000				
Skupna debelina		16,2000			
<input checked="" type="checkbox"/> Toplotna prehodnost		<input checked="" type="checkbox"/> Notranja kondenzacija		<input checked="" type="checkbox"/> Kondenzacija na površini	
$R_{si}$ (m <sup>2</sup> K/W)	0,100				
$R_{se}$ (m <sup>2</sup> K/W)	0,040				
<b>Toplotna upornost konstrukcije R</b> (m <sup>2</sup> K/W)	6,140				
Toplotna upornost neogrevanega podstrešja $R_u$	0,000				
<b>Skupna toplotna upornost <math>R_T</math></b> (m <sup>2</sup> K/W)	6,140				
Toplotna prehodnost U (W/m <sup>2</sup> K)	0,163				
Korekcija zaradi zračnih prostorov $\Delta U_g$ (W/m <sup>2</sup> K)	0,000				
Korekcija zaradi mehanskih spojníc $\Delta U_f$ (W/m <sup>2</sup> K)	0,000				
Korekcija za obrnjeno streho $\Delta U_r$ (W/m <sup>2</sup> K)	0,000				
<b>Skupna toplotna prehodnost <math>U_C</math></b> (W/m <sup>2</sup> K)	0,163				
<b>Največja dovoljena <math>U_{max}</math></b> (W/m <sup>2</sup> K)	0,200				
					
				Toplotna prehodnost je ustrezna.	

(Zaradi neustrezne notranje kondenzacije, program izloči konstrukcijo iz končnega elaborata, zato konstrukcijo podajam kot sliko iz programa URSA.)

## **PRILOGA 2: Tehnične karakteristike in cena vgrajenega kotla**

## Pelletstar BioControl očara s svojim visokim izkoristkom

Tehnični podatki		10	20	30	45	60
Območje moči	KW	3,4-14,9	5,3-20	6,4-31,6	11,8-47	11,8-62
Teža kotla	kg	261	310	310	518	518
Stopnja izkoristka $\eta_f$	%	>93	>93	>93	>93	>93
Maks. dopustni vlečni tlak	mbar	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Dopustni obratovni tlak	bar	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Maks. dopust. vtočna temperatura	°C	95	95	95	95	95
Količina vode	L	55	76	76	178	178
Elektr. priključek	V/Hz	230/50	230/50	230/50	230/50	230/50

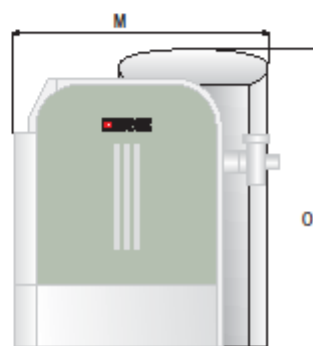
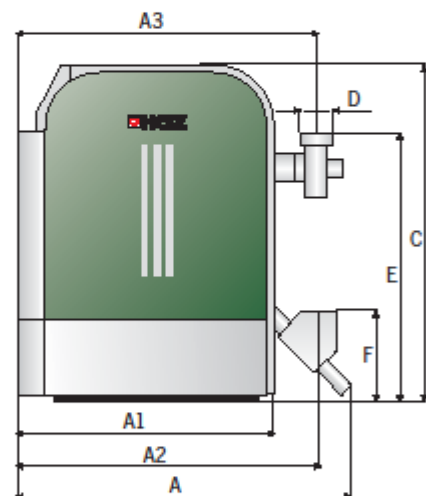
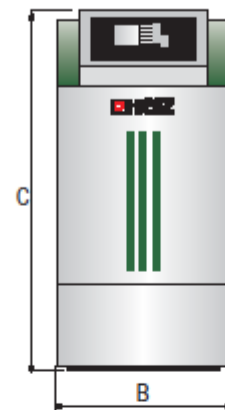
**Pridržujemo si možnost tehničnih sprememb!**

Izmere (mm)		10	20	30	45	60
A	skupna dolžina	1350	1350	1350	1600	1600
A1	dolžina obloge	865	940	940	1140	1140
A2	dolžina od sredine predaje	1195	1190	1190	1435	1435
A3	dolžina od sredine dimne cevi	970	1045	1045	1275	1275
B	širina	590	590	590	750	750
C	višina	1130	1230	1230	1480	1480
D	premer cevi dimnih plinov	130	130	130	150	150
E	zgornji rob cevi dimnih plinov	925	1025	1025	1305	1305
F	zgornji rob predaje	390	390	390	505	505
G	višina priključka vtoka	860	960	960	1200	1200
H	višina priključka povratka	670	770	770	1015	1015
J	polni/ni/prazni priključek (1/2")	265	265	265	265	265

pelletstar 10/20/30: dimenzija priključka vtoka 1" dimenzija priključka povratka 1"  
 pelletstar 45/60: dimenzija priključka vtoka 6/4" dimenzija priključka povratka 6/4"

Izmere za izvedbo s posodo* (mm)		10	20	30	45	60
M	skupna dolžina	1240	1240	1240	1430	1430
N	skupna širina	1110	1110	1110	1265	1265
O	višina	1395	1395	1395	1645	1645

\*Za izvedbe z ročnim polnjenjem ali sesalnim dodajanjem



Izvedba s posodo je na razpolago tudi kot varianta za ročno polnjenje.






za fleksibilni spiralni transportni dodajalni sistem		Štart.	€	G
	HERZ pelletstar 10 BioControl	P030100-001	7.970,-	B
	HERZ pelletstar 20 BioControl	P030200-001	8.525,-	B
	HERZ pelletstar 30 BioControl	P030300-001	9.085,-	B
	HERZ pelletstar 45 BioControl	P030500-001	12.210,-	B
	HERZ pelletstar 60 BioControl	P030600-001	12.690,-	B

za modulami spiralno/sesalni dodajalni sistem ali sistem s sesalno sondo		Štart.	€	G
	HERZ pelletstar 10 BioControl s ca. 150 l. zbiralnikom	P030100-002	8.955,-	B
	HERZ pelletstar 20 BioControl s ca. 150 l. zbiralnikom	P030200-002	9.510,-	B
	HERZ pelletstar 30 BioControl s ca. 150 l. zbiralnikom	P030300-002	10.065,-	B
	HERZ pelletstar 45 BioControl s ca. 200 l. zbiralnikom	P030500-002	13.240,-	B
	HERZ pelletstar 60 BioControl s ca. 200 l. zbiralnikom	P030600-002	13.730,-	B

Zbiralnik z vgrajeno sesalno turbino

pelletstar BioControl Compact za ročno polnjenje		Štart.	€	G
	HERZ pelletstar 10 BioControl Compact s ca. 300 l. zbiralnikom	P030100-003	8.515,-	B
	HERZ pelletstar 20 BioControl Compact s ca. 300 l. zbiralnikom	P030200-003	9.070,-	B
	HERZ pelletstar 30 BioControl Compact s ca. 300 l. zbiralnikom	P030300-003	9.630,-	B
	HERZ pelletstar 45 BioControl Compact s ca. 350 l. zbiralnikom	P030500-003	12.810,-	B
	HERZ pelletstar 60 BioControl Compact s ca. 350 l. zbiralnikom	P030600-003	13.300,-	B

© 2011 HERZ Energietechnik GmbH

19

## **PRILOGA 3: Načrt celotnega objekta**



