

Examensarbete, Högskolan på Åland, Utbildningsprogrammet för Maskinteknik

# Energiåtervinning vid biogasframställning

John Grunér, Jonatan Vördgren



24:2017

Datum för godkännande: 20.09.2017  
Handledare: Göran Henriksson, Florian Haug

# EXAMENSARBETE

## Högskolan på Åland

<b>Utbildningsprogram:</b>	Maskinteknikprogrammet
<b>Författare:</b>	John Grunér, Jonatan Vördgren
<b>Arbetets namn:</b>	Energiåtervinning vid biogasframställning
<b>Handledare:</b>	Florian Haug, Göran Henriksson
<b>Uppdragsgivare:</b>	Bengt Johnsson

### Abstrakt

Detta arbete har utförts på begäran av Ålands Centralandelslag. Syftet med arbetet är att göra undersökningar för att se om det är möjligt att använda sig av värmeenergin i avloppsvattnet på ett energieffektivt sätt.

De metoder som använts för att utföra detta arbete är mätningar, teoretiska beräkningar, intervjuer med folk från branschen samt beräkningar på hur lång återbetalningstid de olika systemen får.

Efter jämförelser mellan att använda en värmepump som huvuduppvärmning eller en värmeväxlare som förvärmare och behålla befintligt värmesystem kom vi fram till att det mest lönsamma och enklaste lösningen skulle vara att förvärma med en värmeväxlare.

### Nyckelord (sökord)

biogas, värmeåtervinning, värmepump, ÅCA, värmeväxlare

<b>Högskolans serienummer:</b>	<b>ISSN:</b>	<b>Språk:</b>	<b>Sidantal:</b>
24:2017	1458-1531	Svenska	36 sidor

<b>Inlämningsdatum:</b>	<b>Presentationsdatum:</b>	<b>Datum för godkännande:</b>
23.08.2017	12.05.2017	20.09.2017

# DEGREE THESIS

## Åland University of Applied Sciences

<b>Study program:</b>	Marine Engineering
<b>Author:</b>	John Grunér, Jonatan Vördgren
<b>Title:</b>	Waste Heat Recovery for a Biogas Plant
<b>Academic Supervisor:</b>	Florian Haug, Göran Henriksson
<b>Technical Supervisor:</b>	Bengt Johnsson

<b>Abstract</b>
<p>This thesis is written on request by the dairy company Ålands Centralandelslag. Its purpose is to examine the possibilities to reuse the energy in the sewage water in an energy efficient way.</p> <p>The methods used are measurements, theoretical calculations, interviews with people in the business and calculations of the payback time of the different systems.</p> <p>After comparison between using a heat pump to heat the whey and a heat exchanger as a preheater as an addition to the existing heating system we determined that it would be most efficient to use a heat exchanger as a pre-heater.</p>

<b>Keywords</b>
biogas, heat recovery, heat pump, ÅCA, heat exchanger

<b>Serial number:</b>	<b>ISSN:</b>	<b>Language:</b>	<b>Number of pages:</b>
24:2017	1458-1531	Swedish	36 pages

<b>Handed in:</b>	<b>Date of presentation:</b>	<b>Approved on:</b>
23.08.2017	12.05.2017	20.09.2017

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING .....	6
1.1 Bakgrund.....	6
1.2 Ålands Centralandelslag.....	6
1.2.1 Biogasanläggningen Gastronomen .....	6
1.2.2 Biogasens framställning .....	6
1.2.3 Biogasens användning.....	6
1.3 Syfte .....	7
1.4 Frågeställning.....	7
1.5 Avgränsningar .....	7
1.6 Metodredovisning .....	7
2. PUMPSYSTEM.....	8
2.1 Problematik .....	8
2.2 Ombyggnad till frekvensstyrd pump.....	9
2.3 Ombyggnad till cirkulerande krets.....	9
3. VÄRMEVÄXLARE.....	10
3.1 Funktion .....	10
3.2 Användning .....	10
3.2 Utan ombyggnad av nuvarande avloppssystem.....	10
3.4 Kopplad efter AWR-tanken .....	12
3.4 Egen cirkulationskrets.....	13
4. VÄRMEPUMP .....	14
4.1 Funktion .....	14
4.1.1 Kompressorn.....	14
4.1.2 Kondensorn.....	14
4.1.3 Strypdonet.....	14
4.1.4 Förångaren .....	15
4.2 Användning .....	15
4.3 Utan ombyggnad av nuvarande avloppssystem.....	15
4.4 Egen cirkulationskrets.....	16
5. MÄTNINGAR .....	17
5.1 Nuvarande inköp av fjärrvärme.....	17

5.2 Avloppsvatten .....	18
5.3 Vassle .....	19
5.4 El- och fjärrvärmepris.....	19
6. BERÄKNINGAR OCH DIMENSIONERING .....	20
6.1 Värmeväxlare .....	20
6.1.1 Förvärmning direkt med avloppsvatten från OKB-tank .....	21
6.1.2 Förvärmning med utgående avlopp från AWR-reaktorn.....	23
6.1.3 Skillnad mellan temperaturer på varma sidan.....	24
6.2 Värmepump.....	25
6.2.1 Värmepumpens värmeväxlare.....	25
6.2.2 Värmeväxlare vassle .....	25
6.2.3 Värmeväxlare avloppsvatten .....	26
7. BESPARING OCH ÅTERBETALNINGSTID.....	28
7.1 Nuvarande kostnader .....	28
7.2 Värmeväxlarinstallation.....	28
7.3 Värmepumpsinstallation .....	30
8. RESULTAT .....	31
8.1 Värmeväxlare .....	31
8.2 Värmepump.....	31
9. SLUTSATS .....	32
9.2 Fel.....	32
9.3 Förslag på vidare undersökningar .....	32
KÄLLOR.....	34
BILAGOR.....	35

## Förklaringar

COP - Coefficient of performance, hur stor del tillförd energi man får ut i nyttig effekt

OKB-tank - I denna tank samlas och separeras vatten och resterna från gasframställningen

AWR - Anaerob Water Reactor, i denna tank låter man vasslen fermentera för att producera biogas

Vassle - Biprodukt från ostproduktion

Värmeväxlare - En apparat avsedd att föra värme från ett medium till ett annat

Värmepump - En omvänd kylmaskin

Buffertank - En tank som används för att mellanlagra ett ämne. I detta fall vassle.

Röt slam - Slam som är färdigrötat

## Symboler och förkortningar

$\vartheta_m$  – Den logaritmiska medeltemperaturdifferensen, används vid beräkningar av värmeväxlare [ $^{\circ}\text{C}$ , K]

$c_p$  – Specifik värmekapacitet [ $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ]

$\dot{m}$  – Massflöde [ $\text{kg}/\text{s}$ ]

$k$  – Värmegenomgångskoefficient [ $\text{kW}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ]

$\Delta T$  – Temperaturdifferens [ $^{\circ}\text{C}$ , K]

$\varepsilon$  – Anger en felvisning som skillnad i effekt [ $\text{kW}$ ]

# 1. INLEDNING

## 1.1 Bakgrund

Detta arbete görs på uppdrag från Ålands Centralandelslag. Arbetet går ut på att undersöka lönsamheten i att byta ut ett befintligt system för uppvärmning av vassle med fjärrvärme mot exempelvis en värmepump eller en värmeväxlare då det finns spillvärme att tillgå i form av avloppsvatten från mejeriets processer.

## 1.2 Ålands Centralandelslag

Ålands Centralandelslag grundades 1921 genom en sammanslagning av flera andelslag för att skapa bättre affärsmöjligheter genom att effektivisera försäljningen. Idag ägs andelslaget av ca 20 åländska mjölkbönder och det är ca 60 st. anställda på bolaget just nu. Bolaget omsätter 20 miljoner euro per år. Varje år används ca 15 miljoner liter mjölk från åländska kor i tillverkningen av mejeriprodukter. (Ålands Centralandelslag, 2017)

### 1.2.1 Biogasanläggningen Gastronomen

Biogasanläggningen byggdes 2009 då man ville minska transporter av vasslen som är en biprodukt i ostproduktionen och på samma gång bli självförsörjande av värme till produktionen. Nu används all vassle till att producera biogas och det fasta material som tas ur vasslen säljs som biogödsel.

### 1.2.2 Biogasens framställning

Vasslen från ostproduktionen går till en AWR-tank via en värmeväxlare som höjer temperaturen i tanken till 37 °C. I denna tank pågår en kontinuerlig fermenteringsprocess i form av nedbrytning av vasslen med hjälp av mikroorganismer i en syrefattig miljö. Den slutliga produkten av denna process är i huvudsak biogas med metan som huvudbeståndsdel.

### 1.2.3 Biogasens användning

Biogasen som utvinns i anläggningen just nu används uteslutande som bränsle till en av två ångpannor, då de har en panna i reserv. Ångan som produceras används till största del i processen vid pastöriseringen av mjölken då den värms upp till 72 °C. Ångan används även till uppvärmning av tvättvatten. Energimängden i gasen som utvinns från anläggningen motsvarar ungefär 300 000 l olja som användes tidigare per år.

### 1.3 Syfte

Biogas framställs genom fermentering av vassle som blir över från ostproduktionen. För att processen skall starta bör vasslen vara 37 °C. För att uppnå denna temperatur köper man idag in fjärrvärme som i en värmeväxlare värmer vasslen till en lite högre temperatur för att kompensera med värmeövergång till omgivningen. Vasslen värms till ca 42 °C. Efter uppvärmningen låter man vasslen ligga i en reaktortank där man utvinner gasen. Återstående rötmassa och vatten pumpas sedan via en dekanter som centrifugerar slammet för att separera den fasta massan från vattnet och till slut pumpas vattnet till en OKB-tank där man tillsätter luft för att skikta vattnet från eventuellt återstående rötmassan som sedan kan säljas som gödsel. Det återstående vattnet pumpas sedan ut i avloppet tillsammans med övrigt spillvatten från processen. Temperaturen på avloppsvattnet är ca 30 °C. Detta arbete går alltså ut på att undersöka om det är möjligt att återvinna energi ur avloppsvattnet och värma vasslen med den energin.

### 1.4 Frågeställning

Vi kommer i detta arbete att svara på följande frågor:

- Vilka metoder finns för att återvinna energi ur avloppsvattnet?
- Hur mycket energi kan man utvinna ur avloppsvattnet?
- Vilken lönsamhet och återbetalningstid får systemet?

### 1.5 Avgränsningar

Arbetet kommer att avgränsas till:

- Beräkningar för värmepump samt värmeväxlare
- Dimensionering av en ny värmeväxlare
- Investerings- och driftskostnader

### 1.6 Metodredovisning

Vi kommer främst att samla in data från processen genom att skapa trender och göra avläsningar i automationens övervakningsprogram. Priser och övriga specifikationer på utrustning samlas in genom intervjuer och offertförfrågningar. Beräkningsmetoder och formler tas från böcker och litteratur från tidigare kurser. Skisser och ritningar görs i AutoCAD medan tabeller och diagram ställs upp i Excel.





fällas. Ett system med värmepump kräver att avloppsvattnet flödar kontinuerligt. Detta är även att föredra om man bara väljer att förvärma vasslen med en värmeväxlare.

## **2.2 Ombyggnad till frekvensstyrd pump**

Kontinuerligt flöde kan uppnås t.ex. genom att bygga om befintligt pumpsystem med frekvensomriktare och analog nivågivare. Detta skulle troligtvis vara det minst kostsamma sättet att anpassa systemet, speciellt då det redan finns en analog nivågivare som man kan använda. Denna variant medför dock vissa problem. T.ex kan man störa fällningen då denna process kräver en viss tid för att ske fullständigt. Detta skulle också kräva att man får tag i tillverkaren av systemet då automationen bör anpassas för ett kontinuerligt flöde.

## **2.3 Ombyggnad till cirkulerande krets**

En annan variant för att utvinna spillvärmets är att bygga en helt ny krets som cirkulerar vattnet i tanken. Med ett sådant system kan man fortsätta tömma tanken stötvis och således är det ingen risk att man genom tömning stör fällningen i tanken. Temperaturen i tanken får inte gå under 20 °C då detta också kan störa fällningen; man är alltså begränsad i hur mycket energi man utvinner med denna metod. Vi fick tips av uppdragsgivaren att denna metod bör störa fällningen mindre än om man bygger om pumpsystemet för kontinuerligt flöde. Man bör dock göra vidare undersökningar huruvida detta stämmer. Risken är att denna metod stör fällningen då den rör om mera i tanken.

## **3. VÄRMEVÄXLARE**

### **3.1 Funktion**

I en motströmsvärmeväxlare låter man två medier flöda mot varandra med avsikten att föra över värme från ett medium till det andra. Dessa två medier är oftast avskilda från varandra med en vägg. Det finns många varianter av värmeväxlare, de två vanligaste är tub- och plattvärmeväxlare. I detta arbete begränsar vi oss till tubvärmeväxlare då denna typ är den enda som passar för vår applikation då vasslen inte är homogent och en plattvärmeväxlare riskerar att stockas. I bilaga 1 visar vi en ritning på den befintliga värmeväxlaren.

I biogasanläggningar är det vanligt att man i liknande applikationer använder en krets med två värmeväxlare som sammansluts med en gemensam vattenkrets. Detta görs för att förhindra att avloppsvattnet kommer i kontakt med vasslen vid eventuellt läckage.

När rötslammet lämnar AWR-tanken har det en temperatur på ca 37 °C. Flödet från denna tank är mindre än det från OKB-tanken. Trots detta finns det en möjlighet att utvinna mer energi från detta slam tack vare dess höga temperatur i förhållande till den inkommande vasslens.

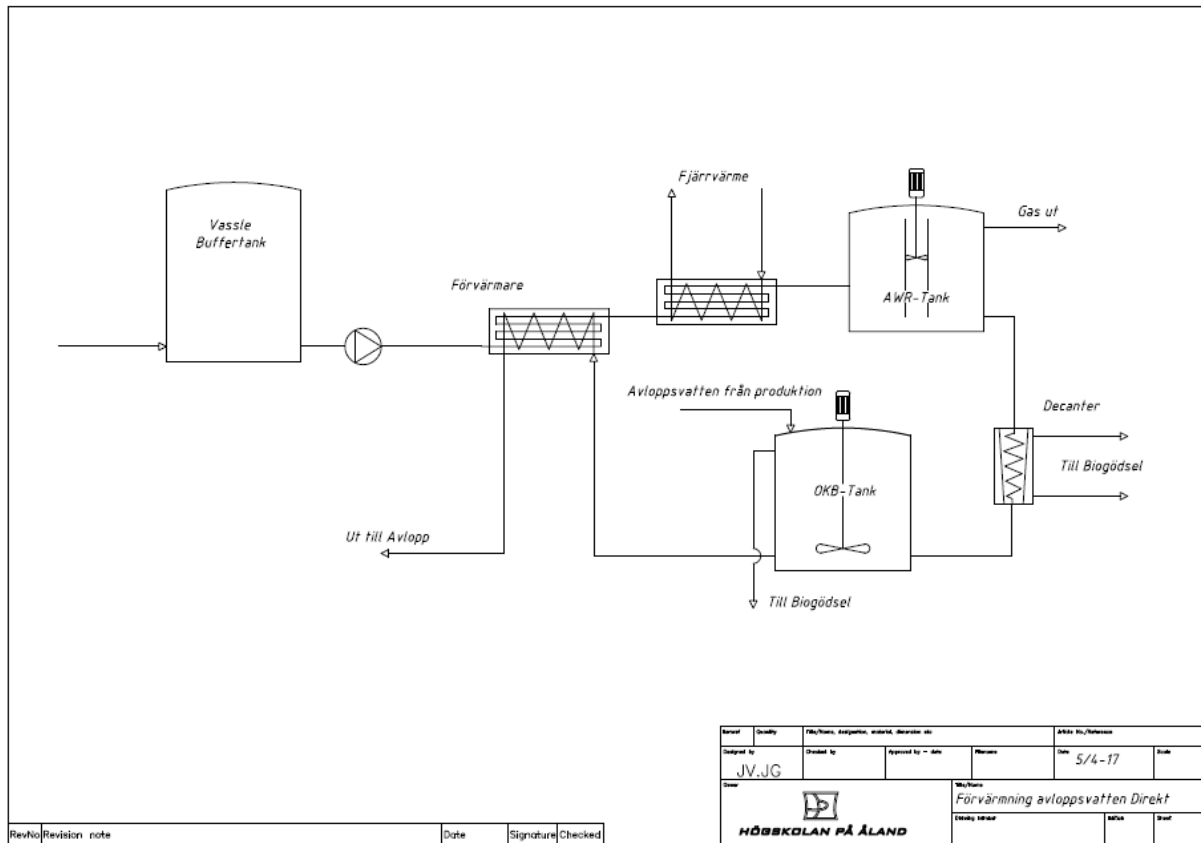
### **3.2 Användning**

Genom att använda en värmeväxlare som förvärmare till vasslen, minskar effektbehovet från den inköpta fjärrvärmens och därmed kan uppvärmningskostnaderna sänkas. Denna värmeväxlare skulle använda sig av värmets som finns i avloppsvattnet i OKB-tanken till att förvärma vasslen. Detta är den billigaste lösningen sett till investeringskostnader samt en väldigt enkel konstruktion där endast en värmeväxlare behöver införskaffas samt en pump beroende på var värmeväxlaren monteras.

### **3.2 Utan ombyggnad av nuvarande avloppssystem**

Det finns några olika möjligheter att koppla in en värmeväxlare. Som tidigare nämnts är det bästa sättet att använda sig av ett kontinuerligt flöde genom värmeväxlaren, genom att då bygga en ny cirkulerande krets för värmeväxlaren eller frekvensstyra pumpen som pumpar ut avloppsvattnet. Men detta är egentligen inget måste med en värmeväxlare, utan den skulle kunna placeras direkt på det utgående avloppsvattnet som systemet är byggt nu och endast förvärma vasslen när OKB-tankens tömning pågår. Detta gör ju att det inte blir någon jämn förvärmning och det förutsätter att fjärrvärmesystemet kan kompensera för denna ojämna

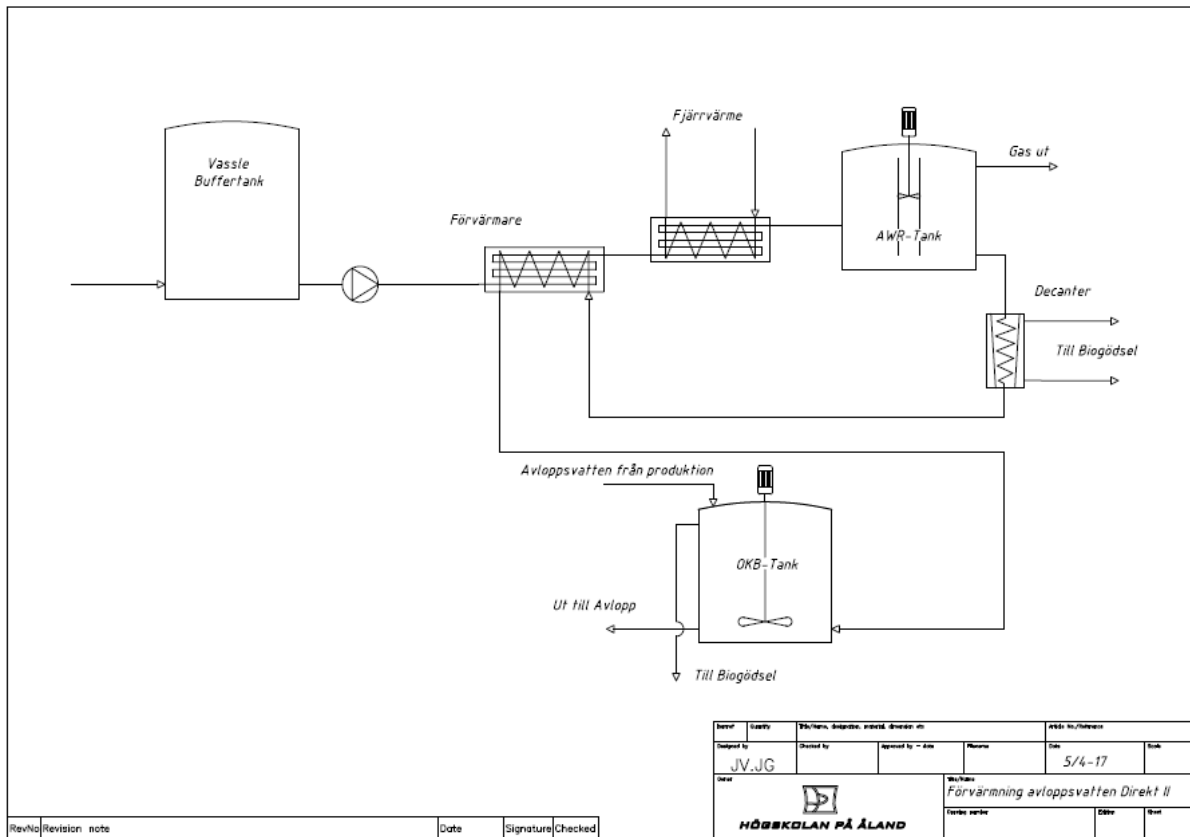
förmärning tillräckligt snabbt. I figur 2 nedan ser man schematiskt hur systemet skulle kunna byggas upp.



Figur 2 Schematisk bild över värmväxlare kopplad till avloppsvattnet

### 3.4 Kopplad efter AWR-tanken

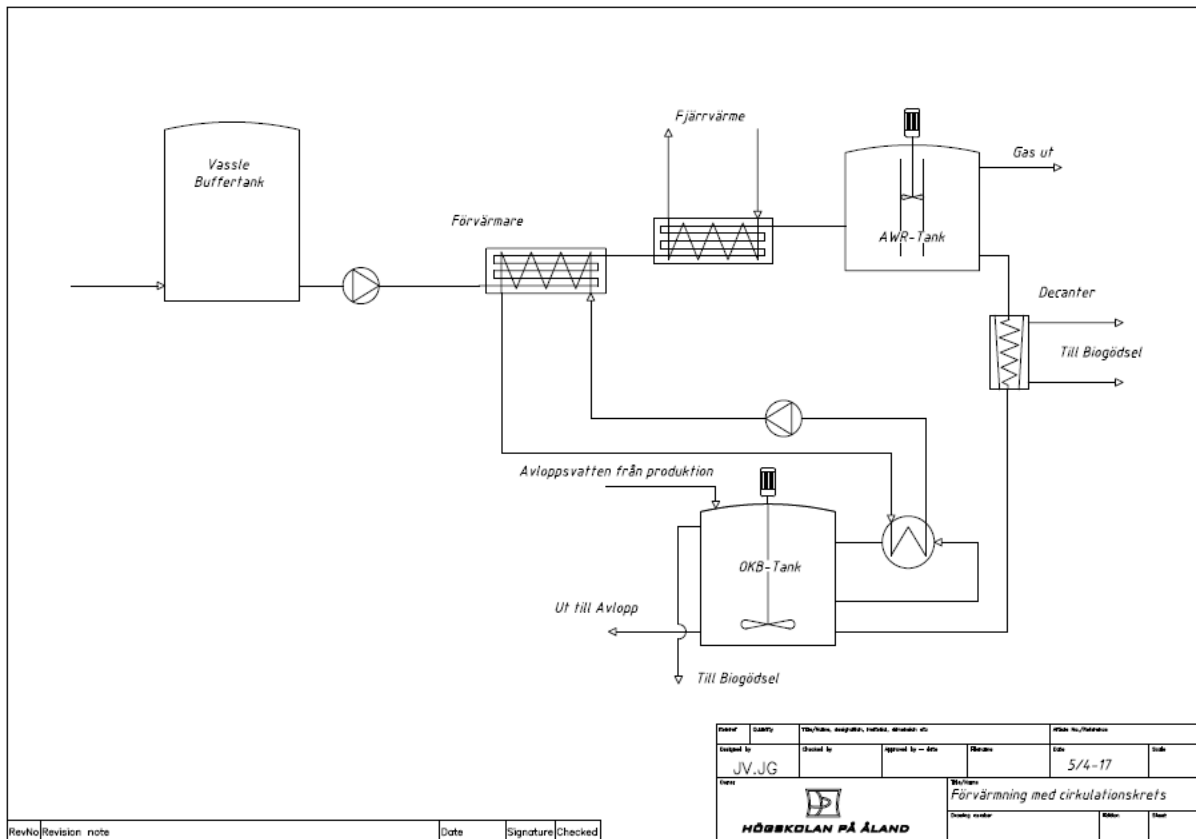
En annan möjlighet skulle vara att koppla in en värmeväxlare efter AWR-tanken när vasslen har gått igenom dekantern. Genom att göra på detta sätt skulle man slippa frekvensstyra någon pump samt att det är ett kontinuerligt flöde där, eller alltid då det är behov av värme så flödar det ut från AWR-tanken. Här är det ett lägre flöde än på avloppsvattnet då tvättvatten även blandas in dit men istället är det högre temperatur efter AWR-tanken än avloppsvattnet vilket gör att det är möjligt att ta ut mera effekt från detta. I figur 3 nedan ser man schematiskt hur systemet skulle byggas upp om man väljer att göra på detta sätt.



Figur 3 Schematisk bild över värmeväxlare kopplad efter AWR-tanken

### 3.4 Egen cirkulationskrets

Som tidigare nämnts i stycke 2.3 så är en möjlighet att bygga till systemet med en egen cirkulerande krets från OKB-tanken med en frekvensstyrd pump via en värmeväxlare som förvärmer vasslen. Detta kunde vara en bra lösning då varvtalet på pumpen kunde vara kopplat med temperaturen i OKB-tanken då man såklart vill ta ut så mycket värmeenergi som möjligt men ändå inte sänka temperaturen i tanken så mycket under 20 °C då flockningen av den fasta massan kan störas. I figur 4 nedan ser man hur detta system skulle se ut.



Figur 4 Schematisk bild över värmeväxlare kopplad med egen cirkulationskrets i OKB-tanken

## **4. VÄRMEPUMP**

### **4.1 Funktion**

I en värmepump tar man tillvara ett köldmediums förångningsvärme och tillför till ett annat medium genom kondensering av köldmediet. Värmeenergin tas upp vid en låg temperatur och lyfts upp till en högre temperatur som man kan ha någon användning av i uppvärmningen av olika processer. Energin kan tas från luft, vatten, jord eller från värmeöverskott i en process som det är i detta fall.

Värmepumpar fungerar enligt samma princip som en kylanläggning. Genom att kyla ett medium på ena sidan av anläggningen kan man ta vara på värme från det mediet och även överföra det till ett annat medium på andra sidan anläggningen.

#### **4.1.1 Kompressorn**

För att ett arbetsmedium skall förångas behöver man en kompressor som suger ut gasen som bildas av vätskan för att bibehålla det låga trycket som behövs för att förångningen skall fortgå. Stängs kompressorn av ökar trycket i förångaren och jämvikt uppstår mellan vätskan och gasen. Därmed avslutas värmeupptagningen i förångaren.

Ångan från förångaren går in i kompressorn på sugsidan och komprimeras, då den får ett högre tryck samt temperatur ut från kompressorn och går vidare till kondensorn där gasen kondenseras p.g.a tryck och temperaturskillnaden. (Nydal, 2002)

#### **4.1.2 Kondensorn**

Högtrycksgasen ur kompressorn går vidare till kondensorn där den kondenseras och avger den värme man vill åt i ett värmepumpsarrangemang och övergår därmed till vätska igen. Kylmedlet i detta fall är då vatten som kommer att cirkulera genom en värmeväxlare och värma vasslen. Det kondenserade köldmediet har fortfarande högt tryck då det från kondensorn är på väg till strypdonet. (Nydal, 2002)

#### **4.1.3 Strypdonet**

Strypdonets uppgift är att släppa in tillräckligt med köldmedium i förångaren samt säkerställa gränsen mellan hög- och lågtryckssidan. När vätskan från kondensorn passerar strypdonet går

den in på systemets lågtryckssida, här sjunker trycket drastiskt och vätskan börjar direkt förångas. (Nydal, 2002)

#### **4.1.4 Förångaren**

Efter att vätskan har passerat strypdonet går den in i förångaren, i denna del i en värmepump som man vill ta vara på värmeenergin från, i detta fall från avloppsvattnet. Vätskan förångas här p.g.a. trycksänkning av kompressorns sug sida och värmeenergin tas upp från metallväggarna i förångaren. (Nydal, 2002)

### **4.2 Användning**

Att använda sig av en värmepump för att värma upp vasslen gör att man tar tillvara på den energi som finns i avloppsvattnet och kan nästan helt och hållet enbart använda denna till uppvärmningen av vasslen, lite beroende på modell av värmepump.

### **4.3 Utan ombyggnad av nuvarande avloppssystem**

En värmepump behöver ett kontinuerligt flöde av en värmekälla för att inte störa funktionen i värmepumpen. Därför är det inte möjligt att bara lägga en värmeväxlare på befintligt system utan någon ombyggnad för värmepump. Utan i detta fall skulle det behövas en frekvensstyrning på pumpen så att ett kontinuerligt flöde uppnås. Detta skulle vara den bästa lösningen till en värmepump då man inte får någon begränsning på temperatursänkningen så länge man inte går under fryspunkten för avloppsvattnet, vilket medför att man kommer att kunna ta ut mer än tillräckligt med effekt ur avloppsvattnet.

Men för att kunna göra det måste nuvarande övervakningssystem byggas om vilket kan bli komplicerat då gasanläggningens leverantör behöver bygga om övervakningssystemet.

Med detta system behöver man införskaffa en värmeväxlare endast till avloppssidan då den befintliga värmeväxlaren som fjärrvärmen är kopplad till nu är tillräckligt stor och det är dit värmepumpen skulle kopplas i serie med fjärrvärmesystemet. Figur 5 visar en schematisk bild på hur detta system skulle byggas.

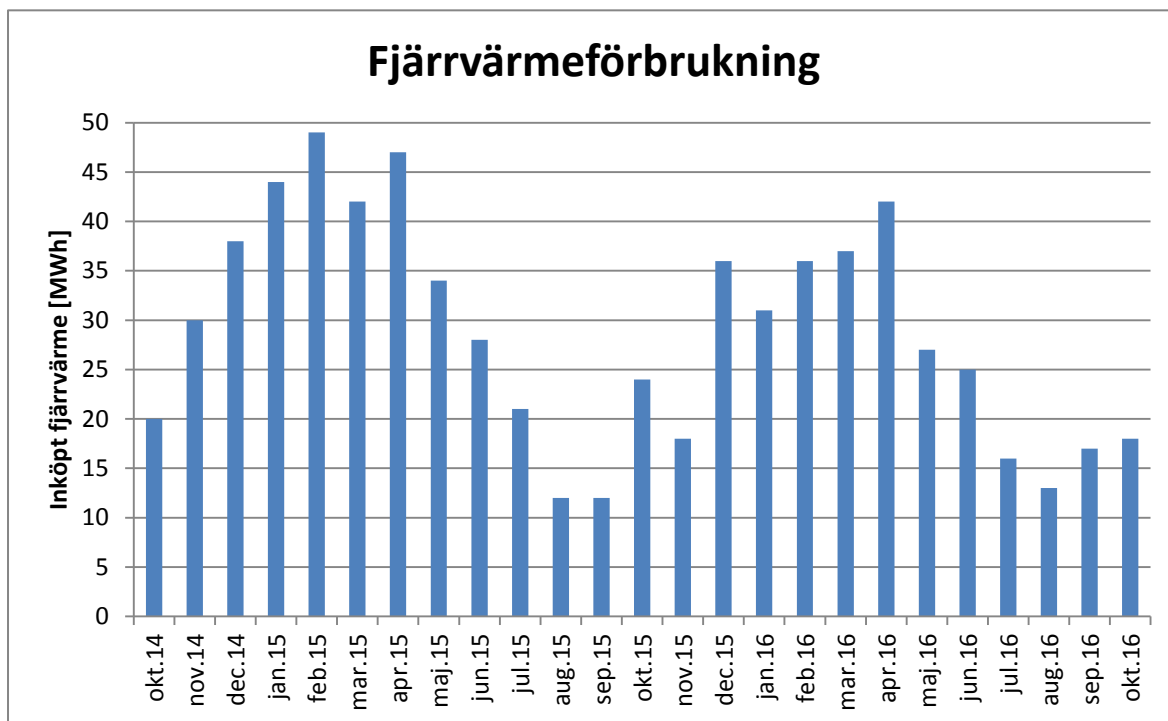




## 5. MÄTNINGAR

### 5.1 Nuvarande inköp av fjärrvärme

I diagrammet nedan (figur 6) ser man hur mycket energi man förbrukat per månad i form av inköpt fjärrvärme för de senaste två åren.



Figur 6 Fjärrvärmeförbrukning för att värma vasslen under två år

Då systemet producerar gas kontinuerligt kan man räkna med en drifttid på 730 h/månad. Med hjälp av drifttiden per månad och energiförbrukningen från figur 6 kan man räkna ut medeleffekt, högsta medeleffekt samt lägsta medeleffekt per månad. Tack vare buffertankens stora volym bör det inte uppkomma några momentana effekttoppar som är mycket större än medeleffekten under en månad. Dessa värden presenteras i tabell 1 nedan. Februari 2015 representerar den högsta energianvändningen och således även den största genomsnittliga effekten över mätningens tidsspann och augusti/september representerar den lägsta.

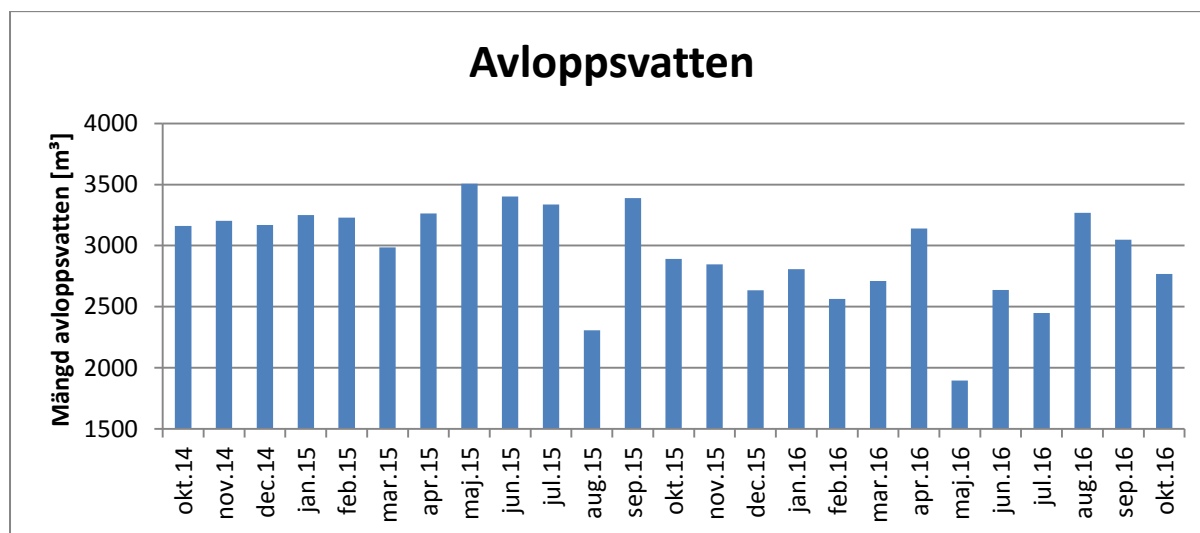
Tabell 1 Inköpt fjärrvärme

Fjärrvärme	
Inköpt Fjärrvärme Medel	28,68 MWh 28680 kWh
Inköpt Fjärrvärme feb 2015	49 MWh 49000 kWh
Inköpt Fjärrvärme aug/sep 2015	12 MWh 12000 kWh
Drifttid/mån	730 h/mån
Medeleffekt Totalt	39,29 kWh
Medeleffekt feb 2015	67,12 kW
Medeleffekt aug/sep 2015	16,44 kW

Då planen är att behålla det befintliga värmesystemet kan man använda fjärrvärme för att täcka eventuella effekttoppar. Det är alltså inte nödvändigt att dimensionera systemet efter en värmepump som klarar den högsta medeleffekten. (Lönblad, 2017)

## 5.2 Avloppsvatten

Mängden energi man kan återvinna ur avloppsvattnet är bunden till avloppsvattnets temperatur och flöde. Figur 7 nedan visar mängden avloppsvatten man pumpat ut i avloppet varje månad de senaste två åren.



Figur 7 Mängd avloppsvatten som pumpats ut i avloppet

Med hjälp av figur 7 ovan kan man ställa upp ett medelflöde för avloppsvattnet. Då det inte fanns några temperaturmätningar för avloppsvattnet så ställde vi upp trender för detta i övervakningssystemet. Trenderna sträcker sig över tidsperioden december 2016 - januari 2017. En längre mätning hade varit att föredra men dessa månader borde representera ett “worst-case” scenario relativt bra då effekten man kan återvinna sjunker tillsammans med

temperaturen på avloppsvattnet. Massflödet är ungefär konstant över hela året. Flödet från OKB-tanker är till stor del bunden till hur mycket vassle som fermenteras och således följer flödet på avloppsvattnet flödet till AWR-tanker relativt bra. Detta betyder även att effektbehovet sjunker i takt med effekten man kan utvinna ur avloppsvattnet.

Medeltemperaturen tas från ovan nämnda mätningar och medelflödet har beräknats från figur 6 och kan ses i tabell 2 nedan. (Johnsson, 2017)

*Tabell 2 Medeltemperatur och flöde på avloppsvatten*

<b>Avloppsvatten</b>	
Min. Temperatur	24,5 °C
Max. Temperatur	31,2 °C
Medeltemperatur	28,1 °C
Massflöde	1,12 kg/s

### 5.3 Vassle

Då det inte fanns någon trend för vasslens temperatur så mätes denna mellan december 2016 till januari 2017. För att fermenteringsprocessen inte skall störas så hålls massflödet konstant. Massflödet i tabell 3 är taget direkt från övervakningsprogrammet. Vasslen lagras utomhus i en tank, detta betyder att temperaturen sjunker tillsammans med omgivande temperatur. Således kommer energibehovet öka när utomhustemperaturen sjunker. I tabell 3 presenteras vasslens temperatur för ovan nämnda tidsspänn och massflöde.

*Tabell 3 Medeltemperatur och flöde för vasslen*

<b>Vassle</b>	
Min. Temperatur	11,8 °C
Max. Temperatur	18,5 °C
Medeltemperatur	15,7 °C
Massflöde	0,44 kg/s

### 5.4 El- och fjärrvärmepreis

I nuläget köper man energin som går åt att värma vasslen från Jomala kommuns fjärrvärmeverk. Elenergi levereras från Ålands Elandelslag (ÅEA). Priset för elenergi och fjärrvärme presenteras i tabell 4 nedan. (Johnsson, 2017)

*Tabell 4 Energipriser*

Elpris	0,0784 €/kWh
Värmepreis	0,055 €/kWh

## 6. BERÄKNINGAR OCH DIMENSIONERING

Här nedan följer beräkningar och dimensioneringar av värmepump och värmeväxlare. Den genomsnittliga erforderliga medeleffekten är beräknad till 39 kW. Den högsta erforderliga effekten uppnås när temperaturen i buffertanken är som lägst. När vi påbörjade detta projekt fanns det inga mätningar på vassle temperaturen i buffertanken så vi skapade en trend i övervakningsprogrammet för detta. Den lägsta vassle temperaturen uppmättes mellan december 2016 och januari 2017 till 11,8 °C. Man kan då beräkna den högsta nödvändiga effekten, P, för värmeväxlaren med hjälp av formeln

$$P = c_p * \dot{m} * \Delta T,$$

där  $c_p$  är vasslens specifika värmekapacitet,  $\dot{m}$  är massflöde och  $\Delta T$  är temperaturdifferens över värmeväxlaren. Vi kommer att använda  $c_p$  värde för vatten då vasslen till största del består av vatten. Massflödet är angivet i våra mätningar till 0,444 kg/s och temperaturdifferensen blir mellan 11,8 °C och 42 °C. Effekten blir då,

$$P = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} * 0,444 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * (42 \text{ °C} - 11,8 \text{ °C}) = 56,05 \text{ kW}.$$

Februari 2015 köpte man in 67 kW i medeleffekt vilket visar att effekten skiljer en hel del vilket man får anta att beror på att 2015 var kallare än 2017. Bortsett från eventuella förluster används all inköpt energi till uppvärmningen av vasslen.

### 6.1 Värmeväxlare

För att beräkna effekten på en värmeväxlare används formlerna,

$$P_1 = c_p * \dot{m} * \Delta T,$$

$$P_2 = k * A * \vartheta_m.$$

Där k beskriver värmeövergångskoefficienten, A beskriver värmeväxlarens area och  $\vartheta_m$  beskriver den logaritmiska medeltemperaturdifferensen. Den logaritmiska medeltemperaturdifferensen beräknas enligt,

$$\vartheta_m = \frac{\vartheta' - \vartheta''}{\ln \frac{\vartheta'}{\vartheta''}}.$$

I en motströmsvärmeväxlare beräknas  $\vartheta'$  och  $\vartheta''$  enligt,

$$\vartheta' = t_{v1} - t_{k2}$$

och

$$\vartheta'' = t_{v2} - t_{k1}.$$

Där  $t_{v1}$  beskriver det värmande mediets temperatur in i värmeväxlaren,  $t_{v2}$  beskriver det värmande mediets temperatur ut ur värmeväxlaren,  $t_{k1}$  beskriver det kalla mediets temperatur in i värmeväxlaren och  $t_{k2}$  beskriver det kalla mediets temperatur ut ur värmeväxlaren. I en värmeväxlare kan man följa energibalansen,

$$P_1 = P_2.$$

Med hjälp av dessa ekvationer och vissa värden givna kan man beräkna effekten och utgående temperaturer ur värmeväxlaren. De värden som behövs givna är temperatur in på både kalla och varma sidan, massflöde på både kalla och varma sidan samt  $c_p$ -värde för de båda medierna. I alla uträkningar har vi använt ett  $k$ -värde på  $1,7 \text{ kW}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  vilket borde stämma överens med material och konstruktion på värmeväxlaren. ( Goodtech Enviroment Ab, 2017)

### 6.1.1 Förvärmning direkt med avloppsvatten från OKB-tank

Första fallet vi beräknar är om man förvärmer vasslen direkt med avloppsvattnet ur OKB-tanken. Som vi redovisat ovan är temperaturen i tanken i medeltal  $28,1 \text{ }^\circ\text{C}$  och vasslens in-temperatur är i medeltal  $15,7 \text{ }^\circ\text{C}$ . Massflödet är  $0,444 \text{ kg/s}$  för vasslen och  $1,12 \text{ kg/s}$  för OKB-tanken. I dessa beräkningar kommer  $c_p$ -värde för vatten att användas för båda medier då dessa till största del består av vatten.  $c_p$ -värdet för vatten är ca  $4,18 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ . Genom att anta olika areor så kan vi ställa upp en graf på hur effekten ändrar som funktion av arean och på så vis hitta den mest lönsamma storleken på värmeväxlaren. Vi kommer här att anta värmeväxlarens area i  $0,5 \text{ m}^2$  steg från  $0,5 \text{ m}^2$  till  $7 \text{ m}^2$ . Formlerna ställs upp i Excel och genom att ändra temperaturen på vasslen som går ut ur värmeväxlaren ser man när effekterna på varma och kalla sidan är samma. Indexen  $v$  och  $k$  anger värmeväxlarens varma och kalla sida, här gäller det att vasslen ur bufferttanken är den kalla sidan och avloppsvattnet ur OKB-tanken är den varma sidan. Tilläggs index 1 och 2 anger in och ut på respektive sida där 1 är in och 2 är ut. Den eventuella felvisningen ( $\epsilon$ ) anges i kW. Resultatet av beräkningarna visas nedan i tabell 5 och figur 8.

För att beräkna vilka temperaturer man får ut ur värmeväxlaren måste man först anta ett värde på ut temperaturen på kalla sidan och värmeväxlarens area, i detta fall väljer man  $21,00 \text{ }^\circ\text{C}$  och  $0,5 \text{ m}^2$ . Med givna värden kan effekten på kalla sidan beräknas enligt,

$$P = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} * 0,444 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * (21 \text{ }^\circ\text{C} - 15,7 \text{ }^\circ\text{C}) = 9,84 \text{ kW} .$$

Temperaturen ut på varma sidan kan brytas ut ur den ena formeln för effekt,

$$t_{v1} - \frac{P}{c_p * \dot{m}} = t_{v2}$$

$$28,1 \text{ } ^\circ\text{C} - \frac{9,84 \text{ kW}}{4,18 \frac{\text{kW}}{\text{kg} * \text{K}} * 1,12 \text{ kg/s}} = 26 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Efter detta kan man beräkna effekten med den logaritmiska medeltemperaturdifferensen

$$\vartheta' = 28,1 \text{ } ^\circ\text{C} - 21 \text{ } ^\circ\text{C} = 7,1 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$\vartheta'' = 26 \text{ } ^\circ\text{C} - 15,7 \text{ } ^\circ\text{C} = 10,3 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$\vartheta_m = \frac{10,3 \text{ } ^\circ\text{C} - 7,1 \text{ } ^\circ\text{C}}{\ln\left(\frac{7,1 \text{ } ^\circ\text{C}}{10,3 \text{ } ^\circ\text{C}}\right)} = 8,6 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Effekten blir då,

$$P = 1,7 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 * \text{K}} * 0,5 \text{ m}^2 * 8,6 \text{ } ^\circ\text{C} = 7,31 \text{ kW}.$$

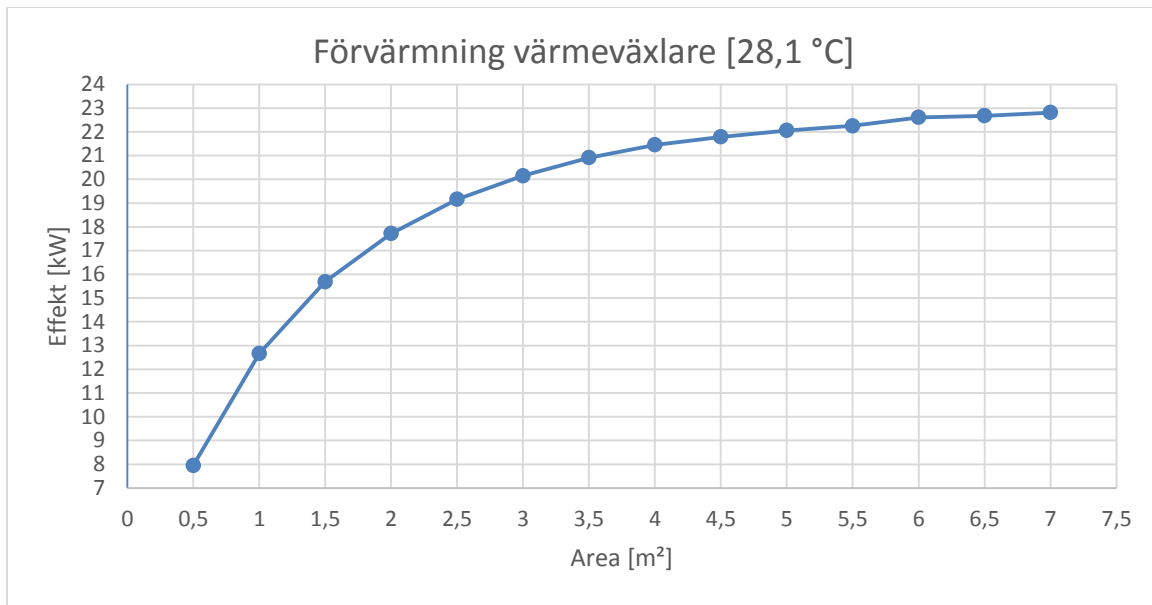
Vilket ger ett fel på,

$$\varepsilon = 9,84 \text{ kW} - 7,31 \text{ kW} = 2,53 \text{ kW}.$$

Om man utför dessa beräkningar i Excel kan man snabbt anpassa  $t_{k2}$  för att sänka  $\varepsilon$  så mycket som möjligt. Sänker man  $t_{k2}$  till  $19,98 \text{ } ^\circ\text{C}$  så sjunker  $\varepsilon$  till  $-0,01 \text{ kW}$ . (Alvarez, 2003)

Tabell 5 Areaberäkning för värmeväxlare vid  $28 \text{ } ^\circ\text{C}$

A (m <sup>2</sup> )	VVX vid $28 \text{ } ^\circ\text{C}$			
	$t_{k2}$ (°C)	$t_{v2}$ (°C)	P (kW)	$\varepsilon$ (kW)
0,5	19,98	26,4	7,95	-0,01
1	22,52	25,4	12,66	-0,01
1,5	24,15	24,75	15,69	0
2	25,25	24,31	17,72	0,01
2,5	26,01	24,01	19,16	-0,02
3	26,56	23,79	20,15	0,01
3,5	26,95	23,64	20,91	-0,03
4	27,24	23,53	21,45	-0,03
4,5	27,46	23,44	21,79	0,04
5	27,62	23,37	22,06	0,06
5,5	27,74	23,33	22,25	0,09
6	27,82	23,3	22,61	-0,11
6,5	27,89	23,27	22,68	-0,06
7	27,94	23,25	22,81	-0,1



Figur 8 Diagram över effekt/area vid 28°C in på varma sidan.

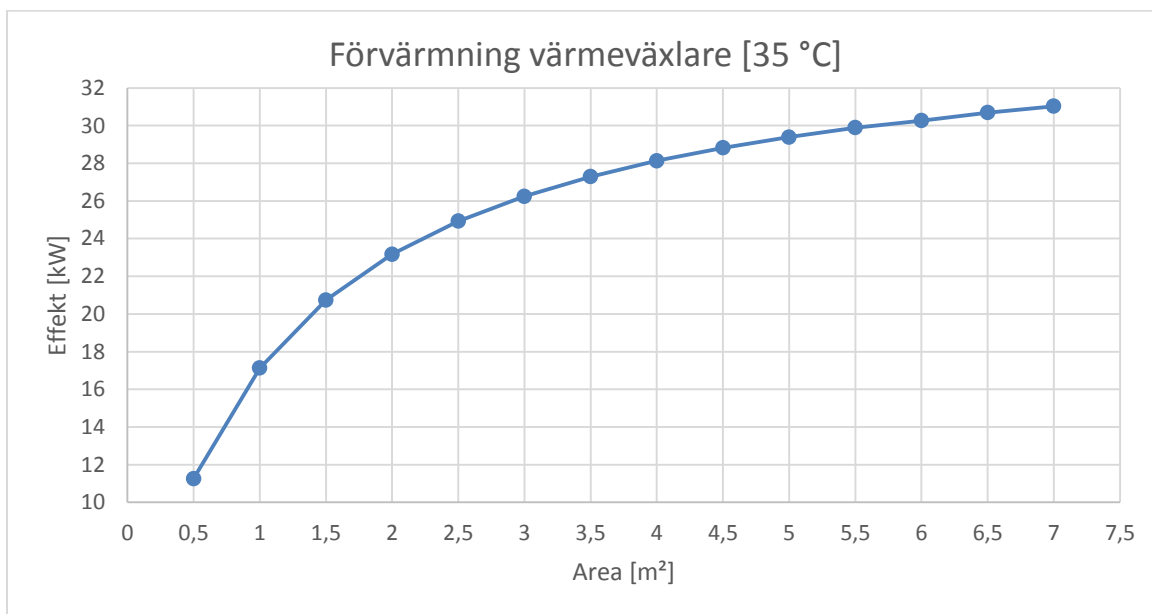
### 6.1.2 Förvärmning med utgående avlopp från AWR-reaktorn

Genom att öka temperaturen på avloppsvattnet ökar också effekten man kan ta ut ur förvärmaren. I praktiken kan detta lösas exempelvis genom att låta AWR-reaktorns avloppsvatten förvärma inkommande vassle. Temperaturen i AWR-reaktorn är minst 37 °C. Vi har i beräkningarna antagit temperaturen till 35 °C. Massflödet förändras till samma som ingående vassle (0,444 kg/s) medan övriga värden och beräkningsmetoder är samma som 6.1.1. Resultatet av beräkningarna visas nedan i tabell 6 och figur 9.

Tabell 6 Areaberäkning för värmeväxlare vid 35°C

A (m²)	VVX vid 35 °C			
	t <sub>k2</sub> (°C)	t <sub>v2</sub> (°C)	P (kW)	ε (kW)
0,5	21,76	28,95	11,26	-0,01
1	24,93	25,78	17,13	0
1,5	26,87	23,84	20,74	-0,01
2	28,19	22,52	23,17	0,01
2,5	29,14	21,57	24,93	0,01
3	29,86	20,85	26,25	0,03
3,5	30,42	20,29	27,29	0,03
4	30,87	19,84	28,13	0,02
4,5	31,24	19,47	28,82	0,02
5	31,55	19,16	29,39	0,03
5,5	31,81	18,9	29,89	0
6	32,04	18,67	30,27	0,06
6,5	32,23	18,48	30,69	-0,01
7	32,4	18,32	31,03	-0,04

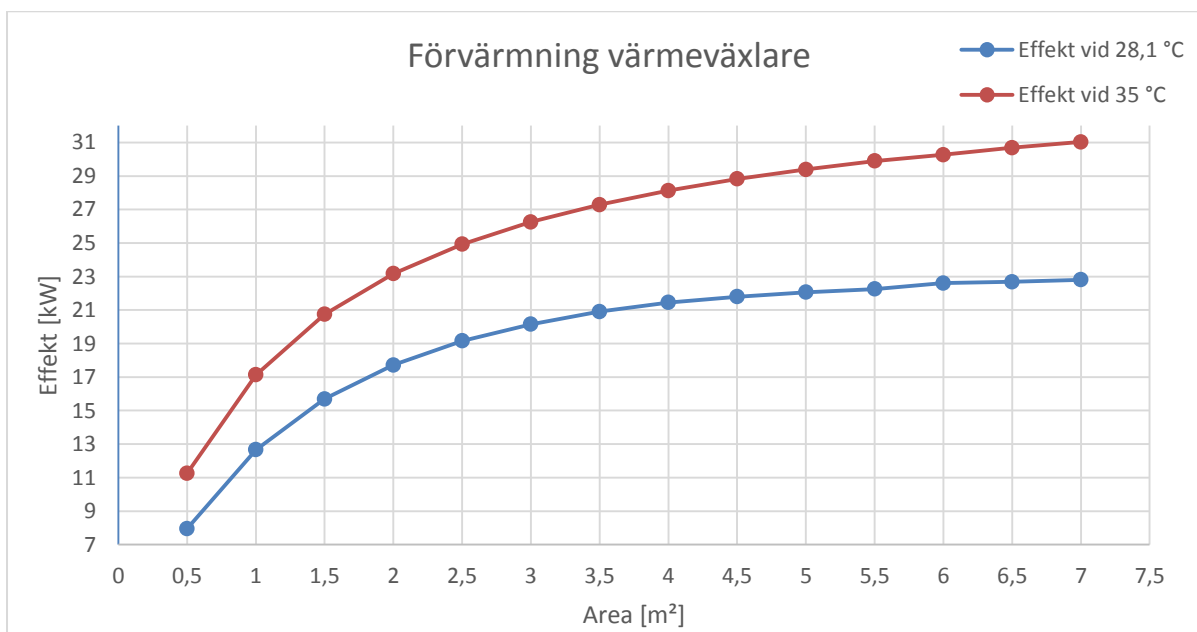




Figur 9 Diagram över effekt/area vid 35°C in på varma sidan

### 6.1.3 Skillnad mellan temperaturer på varma sidan

För att få en bättre överblick över hur mycket mera effekt man kan ta ut genom att använda varmare vatten för att förvärma vasslen sammanställdes de två diagrammen från 6.1.1 och 6.1.2. Detta diagram visas i figur 10.



Figur 10 Diagram över skillnad på effekt vid olika temperaturer

## 6.2 Värmepump

Den första leverantör vi fick kontakt med var HP kyla & värme. De använder sig av Thermias värmepumpar. Den modell de rekommenderar är Mega L. Tabell 7 visar dess specifikationer, ett mera ingående datablad finns bifogat i bilaga 2.

Tabell 7 Specifikation över värmepump

Thermia Mega L	
Effektområde	14-59 kW
COP	4,5
Flöde värmekrets	0,83 l/s
Flöde kylkrets	2,31 l/s

Med denna värmepump skall hela värmebehovet kunna täckas förutom vid de kallaste månaderna (se figur 6) då det kan behövas köpas in en viss mängd fjärrvärme som tillskott vid effekttoppar.

COP är ett förhållande som används för att beskriva verkningsgraden för en värmepump eller ett kylsystem. För att beräkna förhållandet dividerar man uttagen effekt på tillförd effekt.

Beroende på temperaturdifferens och köldmedium varierar COP för en värmepump.

### 6.2.1 Värmepumpens värmeväxlare

I detta fall beräknas hur stor värmeväxlare som behövs för att värmepumpen skall arbeta inom ett passligt och effektivt temperaturområde. Beräkningsmetoderna är desamma som i 6.1. Skillnaden här är att vi har en given effekt som skall anpassas till värmeväxlarna.

### 6.2.2 Värmeväxlare vassle

Värmeväxlaren för varma sidan av värmepumpen som vasslen går igenom beräknas genom att hålla effekten vid 50 kW vilket motsvarar en temperaturhöjning från ca 12 °C till 42 °C. Utgående vassletemperatur ( $t_{k1}$ ) skall vara 42 °C för att hålla ca 37-38 °C i AWR-tanken. En tabell har ställts upp för olika areor liknande de som kan ses i 6.1.1. I tabell 8 nedan kan man se hur  $t_{v1}$  kan sänkas med större area på värmeväxlaren.

Tabell 8 Vasslens värmeväxlare, area/effekt

Värmeväxlare vassle				
A	$t_{v1}$ (°C)	$t_{k2}$ (°C)	P (kW)	$\epsilon$ (kW)
0,5	65	32,38	30,91	0,05
1	65	41,98	48,79	-0,01
1,5	56	42,22	49,2	0,02
2	52	42,67	50,05	0
2,5	49	42,45	49,67	-0,02
3	47	42,23	49,27	-0,03
3,5	46	42,39	49,56	-0,02
4	45	42,25	49,3	-0,03
4,5	44,5	42,36	49,5	-0,02
5	44	42,33	49,42	0

Med en lägre  $t_{v1}$ , som är temperaturen ut från värmepumpen kan man få ett bättre COP värde på värmepumpen och därmed få bättre lönsamhet. Men en större area på värmeväxlaren betyder dyrare värmeväxlare. Därför måste en kompromiss göras där man ser hur mycket effektivare värmepumpen blir i förhållande till den dyrare värmeväxlaren. För att få en så effektiv värmepump som möjligt skall utgående och ingående temperaturer i värmepumpen vara så nära varandra som möjligt.

### 6.2.3 Värmeväxlare avloppsvatten

Här beräknas avloppsvattnets värmeväxlare som också är kalla sidan för värmepumpen. Här hålls en konstant effekt och justerar arean för att få en tabell med olika areor men med samma effekt från värmeväxlaren genom att justera  $t_{k1}$  som är ut från värmeväxlarens kalla sida.  $t_{v1}$  är konstant då det är avloppsvattnets temperatur. Effekten hålls runt 35 kW då vi räknat med ett COP på värmepumpen som är 3,4, vilket gör att vi får en totaleffekt på ca 50 kW med detta. Enligt tabell 9 nedan syns det hur  $t_{k1}$  ändrar med arean.

Tabell 9 Avloppsvattnets värmeväxlare, area/effekt

Värmeväxlare avloppsvatten				
A	$t_{k1}$ (°C)	$t_{v2}$ (°C)	P (kW)	$\varepsilon$ (kW)
0,5	0	23,52	20,96	-0,01
1	1,5	20,43	35,39	0,04
1,5	8,5	20,47	35,24	0
2	12	20,51	35,09	-0,04
2,5	14	20,49	35,17	-0,03
3	15	20,29	36,15	-0,04
3,5	16	20,29	36,04	0,07
4	17	20,47	35,16	0,08
4,5	17,5	20,45	35,39	-0,05
5	18	20,49	35,09	0,05

Det syns av tabellen att temperaturen planar ut vid 16-17 °C, beroende på att den kommer så nära  $t_{v2}$  att differensen blir för liten. Det är alltså troligen inte värt att använda en större än 5 m<sup>3</sup> värmeväxlare.

## 7. BESPARING OCH ÅTERBETALNINGSTID

I denna del kommer de olika systemen och deras investeringskostnader samt återbetalningstider att presenteras. Vi har valt att lägga till en fast summa på 15 000 € i alla installationskostnader för saker som material, mantimmar etc. Detta är en ungefärlig siffra som vi kom fram till efter diskussion med branschfolk. Installationskostnaden för de två olika metoderna bör vara ungefär samma. Vid beräkningar av priset på värmeväxlare har vi använt oss av en värmeväxlare med en yta av 4 m<sup>2</sup>. Inköpskostnaden för en värmeväxlare med ytan 4 m<sup>2</sup> och liknande konstruktion som befintlig värmeväxlare blir för uppdragsgivaren ungefär 18 000 €. ( Goodtech Enviroment Ab, 2017)

### 7.1 Nuvarande kostnader

I tabell 10 nedan visas driftskostnaderna för det befintliga systemet för uppvärmning med fjärrvärme. Drifttiden är beräknad efter konstant drift. Under ett år kommer man troligtvis stöta på oförutsedda driftstopp vilket skulle medföra att våra beräkningar kan bli lite missvisande men man bör fortfarande få en rätt bra fingervisning om vilka inbesparingar man kan göra.

Tabell 10 Nuvarande fjärrvärmekostnader

Fjärrvärme	
Fjärrvärme uppvärmning	40 kW
Driftstid	8 760 h/år
Köpt fjärrvärme per år	350,4 MWh
Pris fjärrvärme	55 €/MWh
Total kostnad	19 272 €

### 7.2 Värmeväxlarinstallation

Vid en installation med endast värmeväxlare blir investeringskostnaderna lägre, men det ger fortfarande en bra årlig besparing. En värmeväxlare kan stå för ungefär hälften av effekten som behövs vid uppvärmning lite beroende på var den placeras och storlek på värmeväxlaren. Därför bifogas två tabeller nedan som visar skillnaden på effekten man kan ta ut från värmeväxlaren vid olika placeringar som ger olika temperaturer på det varma mediet. Först bifogas en tabell med värmeväxlaren placerad efter OKB-tanken eller som cirkulerande krets

kopplad till OKB-tanken, vilket betyder en temperatur på 28 °C på varma sidan, vilket kan ses nedan i tabell 11.

Tabell 11 Besparing med en värmeväxlare vid 28°C

Fövärmning med Värmeväxlare 28 °C		
Area	Effekt	Besparing per år
2,0 m <sup>2</sup>	17,7 kW	8 537,50 €
3,0 m <sup>2</sup>	20,2 kW	9 708,30 €
4,0 m <sup>2</sup>	21,5 kW	10 334,60 €
5,0 m <sup>2</sup>	22,1 kW	10 628,50 €

I tabellen ovan ser man att det är möjligt att få ut över hälften av den erforderliga effekten, vilket då halverar uppvärmningskostnaderna. I tabell 12 nedan har vi räknat med ett värmande medium på 35 °C grader vilket man kan uppnå genom att koppla värmeväxlaren direkt efter AWR-tanken.

Tabell 12 Besparing med en värmeväxlare vid 35°C

Fövärmning med Värmeväxlare 35 °C		
Area	Effekt	Besparing per år
2,0 m <sup>2</sup>	23,2 kW	11 163,30 €
3,0 m <sup>2</sup>	26,3 kW	12 647,30 €
4,0 m <sup>2</sup>	28,1 kW	13 553,00 €
5,0 m <sup>2</sup>	29,4 kW	14 160,10 €

Ur denna tabell kan man avläsa att effekten går upp till så mycket som  $\frac{3}{4}$  av den erforderliga effekten om man använder sig av 35 °C medium på varma sidan. Nedan kommer det presenteras dessa två värmeväxlarsystems återbetalningstider. I tabell 13 nedan ser man återbetalningstiden för en värmeväxlare med 28 °C avloppsvatten från OKB-tanken.

Tabell 13 Återbetalningstid värmeväxlare (28°C)

Besparing VVX (28 °C)	
Inköp	18 000,00 €
Installation	15 000,00 €
Total kostnad	33 000,00
Årlig besparing	10 334,60 €
Återbetalningstid	3,2 År

I tabell 14 nedan presenteras återbetalningstiden för en värmeväxlare med 35 °C medium.

Tabell 14 Återbetalningstid värmeväxlare (35°C)

Besparing VVX (35 °C)	
Inköp	18 000,00 €
Installation	15 000,00 €
Total kostnad	33 000,00
Årlig besparing	13 553,00 €
Återbetalningstid	2,4 År

### 7.3 Värmepumpsinstallation

I tabell 15 och 16 nedan presenterar vi vilken kostnad och återbetalningstid man får om man väljer att installera en värmepump för uppvärmningen.

Tabell 15 Årskostnad vid en värmepumpsinstallation

Värmepump	
Värmepump uppvärmning	40 kW
Värmepump eleffekt	11,8 kW
COP	3,4
Driftstid	8 760 h/år
Producerad energi per år	350,4 MWh
Köpt elektricitet per år	103 MWh
Pris elektricitet	78,40 €/MWh
Total kostnad	8 079,80 €

Som tidigare nämnts har vi använt oss av en Thermia Mega L. Priset på denna värmepump är ungefär 13 000 €. (Häger, 2017)

Tabell 16 Återbetalningstid vid en värmepumpsinstallation

Besparing värmepump	
Inköp värmepump	13 000 €
Inköp värmeväxlare	18 000 €
Installation	15 000 €
Total kostnad	46 000 €
Årlig besparing	11 192,20 €
Återbetalningstid	4,1 År

## 8. RESULTAT

### 8.1 Värmeväxlare

Som synes under rubrik 7.3 kan man öka besparingen en hel del genom att använda sig av ett varmare medium för att förvärma vasslen. Trots detta finns det en hel del att vinna bara genom att använda sig av det kallare avloppsvattnet. Kostnaderna för ombyggnaden för de båda fallen vi tidigare har beskrivit bör ungefär vara lika. Den stora skillnaden i dessa olika fall blir om man väljer att bygga om med en cirkulerande vattenkrets som beskrivs under rubrik 3.1 då denna metod kräver att man köper till 2 värmeväxlare istället för bara en. Då värmeväxlaren i sig står för den största kostnaden i ett dylikt system kommer detta att öka kostnaden avsevärt.

Vid förvärmning med hjälp av värmeväxlare kan vi se att vid de högre effekterna sjunker temperaturen på utgående avloppsvatten till 18,3 °C. Man bör därför göra noggrannare undersökningar för att se om detta kan störa flockningen av den fasta massan om man beslutar att använda denna applikation med cirkulerande krets kopplad till OKB-tanken.

### 8.2 Värmepump

En värmepumpsinstallation skulle medföra en högre investeringskostnad då man behöver både en värmepump samt en ny värmeväxlare till det stället man väljer att ta energin från. Besparingen för detta system blir inte lika stor i förhållande till inköp jämfört med endast en värmeväxlare som kan ses under rubrik 7.

Skulle man välja att installera en värmeväxlare efter OKB-tanken, för att utvinna energi med hjälp av en värmepump så bör man undersöka om man måste använda en värmeväxlare av den typ som värmer vasslen nu. Om avloppsvattnet är rent nog för en plattvärmeväxlare så får man helt andra möjligheter gällande både pris och utbud.



## 9. SLUTSATS

Att välja en värmepump gör att man får en redundans för uppvärmningen av vasslen då man kan välja att köra med värmepumpen eller med fjärrvärmesystemet som kommer att behållas kvar. Om man vill göra ett miljömedvetet val kan det vara intressant att ta reda på varifrån el-energin kommer. Då det befintliga fjärrvärmesystemet värms av en flispanna kan denna ses som förnyelsebar energi vilket man vill eftersträva att använda till så stor del som möjligt.

Att montera en värmepump enbart för att värma vasslen kommer troligtvis inte att vara en optimal lösning. Som man kan se från våra beräkningar är skillnaden på inbesparingen med värmepump kontra förvärmning med värmeväxlare marginell. Man bör dock nämna att det finns en stor mängd energi att utvinna ur avloppet om man skulle behöva energin till något annat. Förvärmning med värmeväxlare sparar runt hälften av nuvarande värmekostnader om man enbart använder värmets från OKB-tanken.

Enligt våra beräkningar anser vi att en värmeväxlare som förvärmare till det befintliga fjärrvärmesystemet är att föredra. Även om våra beräkningar visar att en värmepump är fullt möjlig att installera och driva med relativt kort återbetalningstid så är förvärmning med värmeväxlare ett bättre val tack vare lägre investeringskostnad, enklare system och en lägre driftskostnad.

### 9.2 Fel

En sak man bör ta i beaktande är att alla uppgifter som temperaturloggningar, inköp av fjärrvärme etc. kommer från relativt milda vintrar. Detta kan medföra att det vid kallare vintrar krävs mera effekt än vad vi har räknat med.

### 9.3 Förslag på vidare undersökningar

En sak man bör titta noggrannare på är om det finns ett tillräckligt överskott på gas för att driva en gaspanna enbart för att förvärma vasslen. Det befintliga systemet skulle kunna anpassas med relativt små medel för att passa en panna. Även investeringskostnaderna blir låga med denna metod. Då effekterna är relativt små så klarar man sig med en liten panna. Och man kan även dimensionera denna efter de högsta effektopparna utan att priset höjs nämnvärt. Då man idag säljer en del gas som fjärrvärme, vilken man inte får lika mycket betalt för som det kostar att köpa in så kan detta ses som en bra metod. Genom att behålla

anslutningarna för fjärrvärme kan man uppnå redundans för eventuella driftstopp. Om man väljer att installera en värmepump kan det vara en bra ide att undersöka hur mycket värme som avgår till omgivningen från OKB-tanken då denna är nästan oisolerad.

# KÄLLOR

Goodtech Enviroment Ab. (2017, 4 5). Värmeväxlare. (J. Grunér, & J. Vördgren, Interviewers)

Alvarez, H. (2003). *Energiteknik*. Lund: Studentlitteratur.

Häger, C. (2017). Värmepump. (J. Grunér, & J. Vördgren, Interviewers)

Johnsson, B. (2017). Teknisk chef. (J. G. Vördgren, Interviewer)

Lönblad, J. (2017). Processdata. (J. Grunér, & J. Vördgren, Interviewers)

Nydal, R. (2002). *Praktisk kylteknik*. Halmstad: Sv Kyltekniska Föreningen.

Ålands Centralandelslag. (2017). *Om oss*. Retrieved 1 12, 2017, from [www.aca.ax: http://aca.ax/aca-andelslag-tradition](http://aca.ax/aca-andelslag-tradition)

# **BILAGOR**

Bilaga 1 Ritning av befintlig värmeväxlare

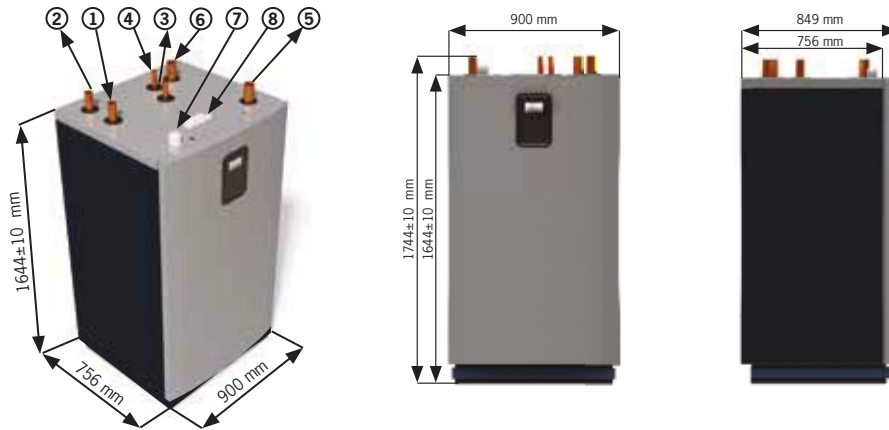
Bilaga 2 Thermia Mega L datablad

# Tekniska data Mega

## Anslutningar

- 1 Värme retur (returledning)
- 2 Värme tillopp (framledning)
- 3 Hetgasväxlare (framledning)
- 4 Hetgasväxlare (returledning)
- 5 Köldbärare ut (från VP)
- 6 Köldbärare in (till VP)
- 7 Genomföringar för inkommande matning
- 8 Genomföringar för kommunikationskabel och givare

↑ = Flödesriktning



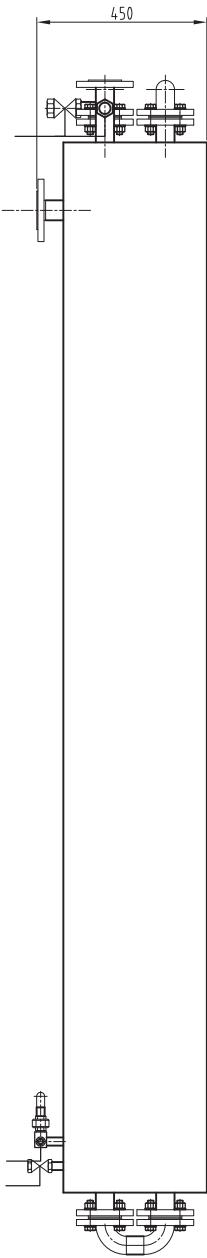
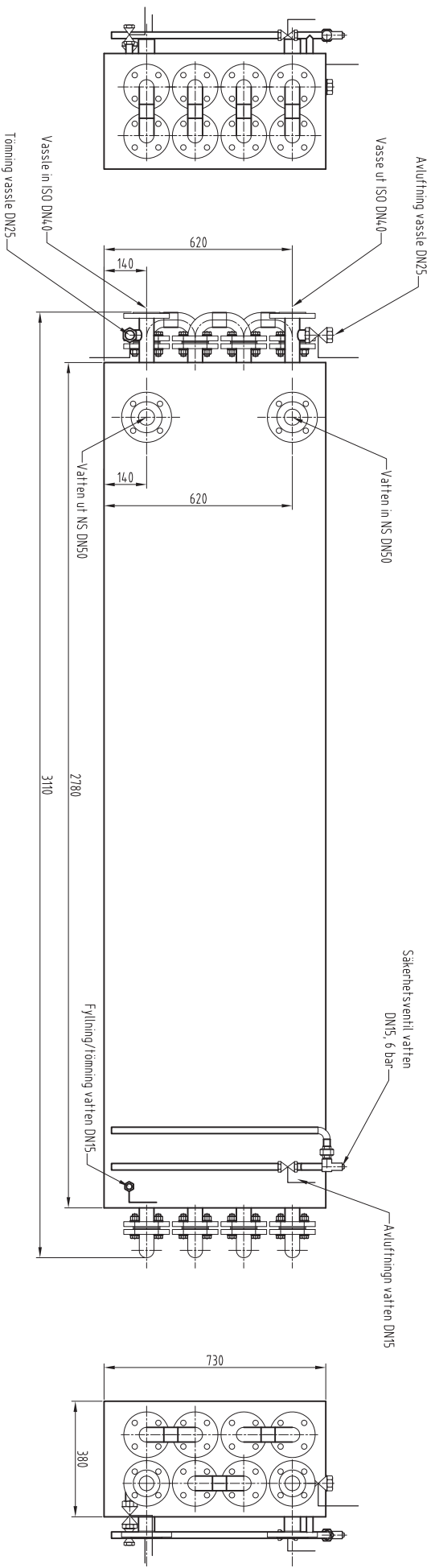
Mega			Mega <sup>M</sup>	Mega <sup>L</sup>	Mega <sup>XL</sup>
<b>Köldmedium</b>	Typ		R410A	R410A	R410A
	Mängd <sup>1</sup>	kg	4,1	5,7	8,7
	Provtryck (lågtryck/högtryck)	MPa	3,0/4,3	3,0/4,3	3,0/4,3
	Konstruktionstryck	MPa	4,3	4,3	4,3
<b>Kompressor</b>	Typ		Scroll	Scroll	Scroll
	Olja		POE	POE	POE
<b>Elektriska data 3-N</b>	Nätspänning	Volt	400	400	400
	Märkeffekt, kompressor	kW	17,5	22,2	32,5
	Märkeffekt, cirkulationspumpar	kW	0,7	1	1
	Säkring <sup>15</sup>	A	40 A	50 A	63 A
<b>Prestanda</b>	COP <sup>2</sup>		4,49	4,50	4,71
	Värmeeffekt <sup>2</sup>	kW	26,73	35,6	52,0
	Ingående effekt <sup>2</sup>	kW	5,95	7,91	11,0
	SCOP (årsvärmefaktor)		5,32 <sup>12</sup>	5,10 <sup>11</sup>	5,30 <sup>3</sup>
	Effektområde <sup>4</sup>		11–44	14–59	21–88
<b>Energiklass med styrning<sup>13</sup></b>	Golvvärme (35°C)		A+++	A+++	A+++
	Radiator (55°C)		A+++	A+++	A+++
<b>Energiklass utan styrning<sup>14</sup></b>	Golvvärme (35°C)		A++	A++	A++
	Radiator (55°C)		A++	A++	A++
<b>Nominellt flöde<sup>5, 16</sup></b>	Kylkrets	l/s	1,90	2,31	3,34
	Värmebärare	l/s	0,67	0,83	1,29
<b>Yttre tillgängligt tryck<sup>5, 16</sup></b>	Kylkrets	kPa	84,0	111,6	77
	Värmebärare	kPa	75,7	116	99
<b>Internt tryckfall<sup>6</sup></b>	Kondensator	kPa	10,9	2,9	9,0
	Förångare	kPa	25,0	28,4	40,0
<b>Max systemtryck</b>	Köldbärare	bar	6	6	6
	Värmebärare	bar	6	6	6
<b>Max/min temperatur<sup>7</sup></b>	Kylkrets	°C	20/-10	20/-10	20/-10
	Värmebärare	°C	65 <sup>8</sup> /20	65 <sup>8</sup> /20	65 <sup>8</sup> /20
<b>Max/min köldmediekrets</b>	Lågtryck	MPa	0,23	0,23	0,23
	Högtryck	MPa	4,3	4,3	4,3
<b>Ljudeffektnivå<sup>4, 9</sup></b>		dB (A)	41–56	46–61	46–63
<b>Frostskyddsmedel</b>			Ethanol+vattenlösning -17°C ± 2 <sup>10</sup>		
<b>Vikt</b>		kg	390	430	550

Thermia Värmepumpar och dess certifierade återförsäljare förbehåller sig rätten till ändringar i detaljer och specifikationer utan föregående meddelande. Med reservation för ev. tryckfel. 161221\_Mega\_SWE

1) Kylkretsen är hermetiskt tillsluten och innehåller köldmedia som omfattas av F-gasförordningen. GWP för R410A enligt EC 517/2014 är 2088, vilket ger en CO<sub>2</sub>-ekvivalent motsvarande: M: 8561 kg, L: 11902 kg, XL: 18166 kg.  
 2) B0/W35, enligt EN14511 inkl. cirk.pump vid kompressorvarvtal 3600 rpm.  
 3) B0/W35, enligt EN14825, Cold climate, Pdesign 73 kW.  
 4) Kompressorvarvtal 1500-6000 rpm.  
 5) Nominellt flöde värmekrets Δ10K, kylkrets Δ3K vid 3600 rpm.  
 6) Vid nominellt flöde.

7) Observera att det ej går att kombinera samtliga köldbärartemperaturer med värmebärartemperatur.  
 8) Minimum inkommande köldbärartemperatur 5 °C.  
 9) Enligt EN12102 och EN ISO 3741.  
 10) Lokala regler och förordningar måste alltid kontrolleras innan frostskyddsmedel används.  
 11) B0/W35, enligt EN14825, Cold climate, Pdesign 55 kW.  
 12) B0/W35, enligt EN14825, Cold climate, Pdesign 45 kW.

13) Då värmepumpen är installerad i ett värmesystem som styrs via värmepumpens reglerdator. Enligt Eco design-direktiv 811/2013.  
 14) Då värmepumpen ej är kopplad till ett värmesystem, samt att den inbyggda reglerdatorns funktion ej räknats med. Enligt Eco design-direktiv 811/2013.  
 15) Säkringsstorleken kan anpassas beroende på värmepumpens effekt – se separat trycksak "Teknisk beskrivning".  
 16) För flöden och tryckfall vid andra driftfall – se separat trycksak "Teknisk beskrivning".



**Teknisk data:**

Rötslam cirkulation	m <sup>3</sup> /h	13,75
Varmvätskan cirkulation	m <sup>3</sup> /h	3,00
Inv.diam.rötslamrör	mm	45,10
Effekt vvx	kW	60
Tubllängd (vuxryta)	m/st	2,60
Antal tuber höjd	st	4
Antal tuber bredd	st	2
Tryckfall rötslam	mvp	5,7
Tryckfall varmvatten	mvp	7,6
Varmvätskan in	°C	60,0
Varmvätskan ut	°C	42,9
Slamtemp in	°C	37,0
Slamtemp ut	°C	4,0,7
Tomvik	kg	550
Bruttovikt	kg	640

This document is the property of Goodtech AB and is delivered on the express condition that it is not to be disclosed, used or reproduced in whole or in part without the written permission of Goodtech AB.

**Skapa kanten brukna**  
 Där ej annat anges gäller ISO 2768-C  
 Där ej annat anges gäller ISO 19790-B

<p>Goodtech Environment AB                  Gamla Godbyvägen 2                  AX-22100 Mårstern                  Tel: +358 18 23100</p>	<p><b>KCA</b>                  Biogasutläggning                  Uppvärmning av reaktor                  Värmeväxlare SL/V 8810-2-4-40/50-2700                  (avval)</p>	<p>1:10 (A2)</p>	<p>7064-700                  2009.05.07</p>	<p>7064-700</p>
---	---	------------------	---	-----------------