

2002:38M



HÖGSKOLAN
TROLLHÄTTAN · UDDEVALLA
INSTITUTIONEN FÖR TEKNIK

EXAMENSARBETE

Energiåtervinning
Av kompressorkylvattnet

Recovering of energy
From compressor cooling water

Utfört på Håfreströms AB

Henrik Nilsson
2002-08-21

Högskolan Trollhättan/Uddevalla
institutionen för teknik
Box 957, 461 29 Trollhättan
Tel: 0520-47 50 00 Fax: 0520-47 50 99
E-post: teknik@htu.se

EXAMENSARBETE

Energiåtervinning Av kompressorkylvattnet

Sammanfattning

Detta examensarbete har utförts i samarbete med Håfreströms AB. En förstudie har gjorts tidigare och den finns med som bilaga i rapporten.

Håfreströms AB har genomfört ett Energisparprojekt där möjligheten att spara energi i olika delar av anläggningen har analyserats. En av de möjligheter som tagits fram innebär att använda energi från kompressorkylvattnet för att värma make-upvattnet till matarvattentanken.

Målet har varit att arbeta fram ett koncept som återvinner energin i kompressorkylvattnet för att värma make-upvattnet till matarvattentanken. Payback-tiden för konceptet skulle också beräknas.

Genom att uppställa de krav som finns på energiåtervinningssystemet har ett antal koncept arbetats fram. De sätt som har använts för att återvinna energi innebär värmeväxling eller direkt användning.

Valt koncept innebär en investeringskostnad på knappt 220 kkr och en payback-tid på drygt 15 månader. Systemet innebär att temperaturen på kylvattnet regleras till 35 °C. Energin värmeväxlas till make-upvattnet i nya pannhuset, före den befintliga ångvärmeväxlaren.

Det framtagna konceptet innebär endast mindre förändringar för de båda befintliga systemen och att det varierande flödet av make-upvattnen inte påverkar kylningen av kompressorerna. Konceptet anses vara det bästa framtagna energiåtervinningssystemet bland de bearbetade förslagen.

Nästa uppgift i projektet, som löper vidare, är att bedöma om investeringen är tillräckligt lönsam.

Nyckelord: Energiåtervinning, matarvatten, kylvatten

Utgivare: Högskolan Trollhättan/Uddevalla, institutionen för teknik
Box 957, 461 29 Trollhättan
Tel: 0520-47 50 00 Fax: 0520-47 50 99 E-post: teknik@htu.se

Författare: Henrik Nilsson

Examinator: Leif Olsson

Handledare: Olov Andreen HTU, Johanna Svanberg Håfreströms AB

Poäng: 10 **Nivå:** C

Huvudämne: Maskinteknik **Inriktning:** Produktutveckling

Språk: Svenska **Nummer:** 2002:38M **Datum:** 2002-08-21

Thesis

Recovering of energy From compressor cooling water

Summary

This project is done at Håfrestöms AB. A feasibility study has been made and is included in the work.

Håfreströms AB has conducted an Energy saving project where the possibility of saving energy in the factory has been investigated. One of the possibilities that attracted attention was preheating of make-up water to the feed tank using energy from the cooling water from the compressors.

The target of the thesis is to present a solution that recovers the energy in the compressor cooling water and using the energy to heat make-up water to the feed tank. The time before payback should also be calculated.

By using the demands of the recovering system a lot of solutions to the problem were created. All of the solutions used either the warm water or heat exchange.

The most suitable solution results in an investment of less than SEK 220 000 and a payback just over 15 months. The cooling water is controlled to 35 °C. Energy is transferred using a heat exchanger which is placed in the new steam boiler plant.

The chosen concept requires only smaller changes in the present parts of the systems and none of the systems interfere with each other's operations.

The next step is to determine whether the project is so profitable that the investment should be done.

Keywords: Recovering of energy, feed water, compressor cooling water

Publisher: University of Trollhättan/Uddevalla, Department of Technology
Box 957, S-461 29 Trollhättan, SWEDEN
Phone: + 46 520 47 50 00 Fax: + 46 520 47 50 99 E-mail: teknik@htu.se

Author: Henrik Nilsson

Examiner: Leif Olsson

Advisor: Olov Andreen HTU, Johanna Svanberg Håfreströms AB

Subject: Mechanical Engineering, Product development

Language: Swedish **Number:** 2002:38M **Date:** August 21, 2002

Förord

Denna rapport är resultatet av ett examensarbete som genomförts under våren 2002 under projektavdelningen på Håfreströms AB i Åsensbruk. Examensarbetet ingår som obligatoriskt moment i Högskolan Trollhättan/Uddevallas maskiningenjörsutbildning.

Under arbetets genomförande har många personer bidragit med information, hjälp och stöd och jag vill tacka för detta. Ett extra tack på Håfreström vill jag ge till mina handledare Sven-Olof Ewergårdh och Johanna Svanberg samt de övriga på projektavdelningen, Henrik Gajewska och Martin Moberg.

På Högskolan Trollhättan/Uddevalla vill jag rikta ett tack till handledaren Olov Andreen och examinatorn Leif Olsson.

Henrik Nilsson, Mellerud 2002-05-31

Förkortningar

MD – modellnamn för Atlas Copcos tryckluftstorkare

HD - modellnamn för Atlas Copcos tryckluftskylare

Innehållsförteckning

Sammanfattning	i
Summary	ii
Förord	iii
Förkortningar	iv
Innehållsförteckning	v
1 Inledning	1
1.1 <i>Bakgrund</i>	1
1.2 <i>Syfte</i>	1
1.3 <i>Mål</i>	1
1.4 <i>Avgränsningar</i>	1
1.5 <i>Metod</i>	1
1.6 <i>Företagspresentation</i>	2
2 Förstudie	3
3 Temperaturreglering av kompressorkylvatten	3
3.1 <i>Allt i ett</i>	3
3.2 <i>Flerdelad</i>	3
3.3 <i>Komplett</i>	3
4 Krav	4
5 Idégenerering	4
6 Koncept	5
6.1 <i>Värmeväxling</i>	5
6.2 <i>Direktanvändning</i>	7
7 Konceptutvärdering	8
7.1 <i>Energiåtervinning</i>	8
7.2 <i>Investeringskostnad</i>	9
7.3 <i>Payback-kalkyl</i>	9
7.4 <i>Kepner-Tregoe</i>	10
8 Resultat	11
9 Analys	11
10 Slutsats	12
10.1 <i>Rekommendationer till fortsatt arbete</i>	12
11 Litteraturförteckning	13
Bilagor	14

1 Inledning

Detta examensarbete har utförts i samarbete med Håfreströms AB i Åsensbruk. En förstudie har utförts i kursen PJC050 fem poäng.

1.1 Bakgrund

Håfreströms AB har ett energisparprojekt där man kontinuerligt arbetar med att optimera användandet av energi. Projektet har genererat ett antal förslag till energibesparingar och energiåtervinning. Bland dem ett förslag som innebär att ta tillvara energin i kompressorkylvattnet för uppvärmning av make-upvattnet till matarvattentanken (t.ex. genom värmeväxling, direktanvändning).

1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet var att, utifrån den genomförda förstudien, utreda möjligheten att använda energin i kylvattnet från kompressorerna för att värma make-upvattnet till matarvattentanken.

1.3 Mål

Målet var att arbeta fram ett praktiskt genomförbart förslag för tillvaratagande av energin i kylarvattnet från kompressorerna för att öka temperaturen på make-upvattnet till matarvattentanken, samt att beräkna pay-backtiden.

1.4 Avgränsningar

Projektet avser endast att teoretiskt utforma ett system som tar till vara energin i kompressorkylarvattnet och använder den för att värma make-upvatten. Inga beställningar eller inköp har genomförts. Inte heller har provning av systemet utförts.

1.5 Metod

Ett antal förslag på energiåtervinningssystemets utseende har framarbetats med hjälp från handledare och personal på Håfreströms AB. Förslagen har utformats så att de begränsningar som finns i dagens system har beaktats.

Investeringskostnaderna har beräknats utifrån prisuppgifter från leverantörer och från specialister på Håfreström med god kännedom om priser på för projektet intressanta komponenter.

Istället för att använda en Pugh-matris som sorterar bort de förslag som inte uppfyller kraven har dessa förslag bearbetats för att klara de uppställda kraven.

Som verktyg vid konceptutvärderingen har använts en payback-kalkyl och en Kepner-Tregoe-matris.

Payback-kalkylen används för att beräkna tiden innan investeringen har betalat sig.

Kepner-Tregoe-matrisen används för att jämföra olika koncept med varandra. De jämförs utifrån önskade egenskaper eller krav som systemen skall uppfylla. Kraven och egenskaperna skall även viktas inbördes för att hitta den egenskap som är viktigast.

De egenskaper som ställts upp för användning vid systemutformning och vid utvärdering av systemen har tagits fram utifrån de krav som finns för berörda system. Vissa uppgifter har hämtats från projektet Energikartering.

1.6 Företagspresentation

Håfreströms AB ingår tillsammans med finpappersbruken Munkedals AB och Kostrzyn Paper S.A. i Polen i koncernen TreBruk AB, ett av Europas ledande pappersindustri-företag med produktion av högkvalitativt grafiskt finpapper. Koncernen omsatte 2001 drygt 3 miljarder SEK och hade c:a 1 600 anställda. Håfreström producerar dubbelbestruket finpapper under varumärket Arctic som innehåller produkterna Arctic the Silk, Arctic the Volume, Arctic the Matt, Arctic the Extreme och Arctic the Gloss. Produkterna har hög miljöprofil. Företaget är certifierat enligt ISO 9001 och 14001. Håfreström ligger i Åsensbruk i Dalsland och här finns 425 medarbetare, som ser till att sprida Arctic över framförallt Europa, men också till andra delar av världen. Närmare 80% av den årliga kapacitet på 160 000 ton går på export. Omsättningen uppgår till drygt 1 000 MSEK[1].

2 Förstudie

Den förstudie som genomförts hade som syfte att utreda vattenflöden och temperaturer för de båda aktuella systemen. Även begränsningar i systemen, exempelvis maximal vattentemperatur i filter, skulle tas fram. Resultaten från förstudien finns i bilaga 1.

3 Temperaturreglering av kompressorkylvatten

Sättet att reglera temperaturen är en beprövad metod. En temperaturgivare registrerar vattentemperaturen efter kompressorerna och avger signaler till en regulator som justerar en reglerventil som ökar eller minskar flödet beroende på inställningen på regulatorn.

Parallellkopplat med reglerventilen finns en överkoppling. Denna finns för att det ständigt skall finnas ett flöde förbi temperaturgivaren, vilket ger en snabbare reglering av kylvattnet. Förbikopplingen består av en handventil med ett litet hål borrar i stoppen. Tanken med denna lösning är att vid fel på reglerventilen kan handventilen öppnas helt och på så sätt kyla kompressorn. Se bilaga 2 för grafisk presentation av temperaturregleringen.

För att reglera vattnet på önskat sätt har tre olika alternativ varit intressanta:

- Allt i ett
- Flerdelat
- Komplett

3.1 Allt i ett

Ett reglersystem där givare, regulator och ventil levereras som en enhet. Det som behövs för att göra regleringen komplett är en termometer som visar vattentemperaturen. Rör för dragning från och till de gemensamma ledningarna är inräknade i kostnaden.

3.2 Flerdelad

I den reglering som kallas flerdelad är varje del för sig, reglerventil, regulator och temperaturgivare. Rör för dragning från och till de gemensamma ledningarna är inräknade i kostnaden.

3.3 Komplett

Denna temperaturreglering marknadsförs av Atlas Copco och är anpassad för att reglera temperaturen på kylvattnet från kompressorer. Även kostnaden för ombyggnad av kompressorer för att klara en vattentemperatur på 90 °C från kompressorerna ingår.

Den totala kostnaden för material och arbete för framtagna varianter av reglering kan ses i tabell 3.1.

Namn	Kostnad (kr)
Allt i ett	17 100
Flerdelad	32 600
Komplett	61 000

Tabell 3.1 Kostnader för temperaturreglering. Alternativen Allt i ett och Flerdelad anses ha samma prestanda. Då kostnaden för regleringen Allt i ett är betydligt lägre så rekommenderas denna.

I bilaga 3 återfinns en beskrivning för en lämplig produkt från Samson och i bilaga 4 beräkningarna för kostnaderna för att temperaturreglerna.

4 Krav

De funktioner som önskats finnas i det nya systemet gav de krav som använts för att skapa och utvärdera koncepten.

- 1. Garantera kylning av kompressorer** – om kylningen av en kompressor skulle stoppas så stoppar kompressorn. Följden blir att det kan bli brist på tryckluft i fabriken vilket innebär driftstörningar inom några minuter på bland annat båda pappersmaskinerna och i efterbearbetningen.
- 2. Garantera tillgång av make-upvatten till matarvattentanken** – då ångsystemet inte är slutet utan en viss mängd ånga och kondensat läcker ut sker en kontinuerlig påfyllning av avhärdat vatten till matarvattentanken. Skulle inte matarvattentanken fyllas på skulle ångbrist uppstå inom några timmar.
- 3. Minimalt spill av avhärdat vatten** – det avhärdade vattnet är behandlat och innehåller kemiska tillsatser. Eventuellt spill skulle innebära att kemikalier hålls ut och möjligtvis inverkar på miljön.
- 4. Systemet tar hänsyn till de begränsningar som finns i systemen** – för att undvika att förstöra befintliga komponenter i systemen så skall hänsyn tas till de begränsningar som finns, exempelvis inte för varmt vatten genom filtren, för lågt tryck genom filtren.
- 5. Ingen ökad förbrukning av vatten** – i projektet Energikartering så fanns en önskan att minska mängden vatten per ton producerat papper netto.

5 Idégenerering

Förslag som har använts för utformning av systemen har hämtats från lösningar i liknande system och idéer som har framkommit från en mängd olika håll och tillfällen.

Dessa förslag kombinerades för att skapa koncept. Konzepten utvärderades mot de framtagna kraven och de som inte uppfyllde kraven kompletterades för att klara kraven.

6 Koncept

Den bearbetning som gjordes för att koncepten skulle uppfylla de framtagna kraven resulterade i att ett antal förslag blev lika varandra och har därför blivit ett gemensamt förslag. De koncept som inte kunnat uppfylla de uppställda kraven har inte tagits upp i rapporten.

De koncept som har framarbetats kan delas in i två olika kategorier beroende på vilket sätt energin tas tillvara:

- Värmeväxling
- Direktanvändning

6.1 Värmeväxling

Ett antal olika koncept innehållande värmeväxlare genererades. Gemensamt för dessa är att energin från kylvattnet värmeväxlas till det avhårdade make-upvattnet. En värmeväxlare som är avsedd för 35 °C med flödet 2,4 l/s finns i bilaga 5.

6.1.1 Atlas Copco

Vid kontakter med Atlas Copco så mottogs information om ett energiåtervinningssystem som de marknadsför. Förslaget innebär att kompressorerna byggs om och bland annat utrustas med en temperaturreglering, beskriven i rubriken 3.3 komplett. Ombyggnaden medför att temperaturen från kompressorn kan höjas till 90 °C men på grund av denna höjningen måste en HD-kyl installeras för att behålla möjligheten att kondensera tryckluften i MD-torkarna.

En HD-kyl används för att kyla tryckluften. Kall tryckluft innehåller mindre fukt än varm tryckluft. En MD-tork används för att torka tryckluften genom att kondensera luftfuktigheten som finns i tryckluften. Man vill hindra att vatten kommer in i systemet för tryckluft.

Vidare så skall systemet slutas vilket medför att pumpar måste installeras för att driva kylvattnet, beskrivning av pump finns i bilaga 6. Det skall också installeras en flödesmätare som kopplas till styrsystemet ABB Advant. Denna skall larma om flödet i kylvattenledningen stannar. Ett reservsystem, vid exempelvis pumphaveri, finns och består av den lösningen som finns idag. Vid ett sådant tillfälle att reservsystemet används finns risken att mediet i det slutna systemet, möjligtvis innehållande korrosionshindrande och bakteriedödande kemikalier, läcker ut.

Värmeväxlaren, som överför energin i kylvattnet till make-upvattnet, är placerad före ångvärmeväxlaren i nya pannhuset och den energi som tillförs värmer make-upvattnet.

På grund av de variationer som finns i matarvattenflödet så kyls inte alltid tillräckligt med energi bort från kylvattnet så därför måste en kylning av kylvattnet finnas. Om kompressorkylvattnet är för varmt så öppnas en ventil och leder vattnet till kylning.

Kylningen sker med hjälp av en slinga för kompressorkylvatten som är nedsänkt i råvattentanken. Kylvattnet förs sedan åter till kompressorerna. En bild över systemet finns i bilaga 7.

Genom att vattnet från kompressorerna har en högre temperatur 35 °C så kan make-upvattnet värmas till högre temperatur. Dock blir inte den tillförda mängden energi större. Eftersom temperaturen skall stiga mer så sjunker flödet kylvatten vilket ger ökade energiförluster i vattenledningarna.

6.1.2 Slutet system

Detta system har samma utformning som det system som beskrivs i 6.1.1 Atlas Copco. Skillnaden mellan koncepten är att ingen ombyggnad sker utav kompressorerna utan endast en temperaturreglering används för att höja kylvattentemperaturen från kompressorerna till 35 °C. Detta innebär att behovet av en HD-kylare försvinner. I bilaga 8 finns flödesschema.

Även detta system kan ge för varmt kylvatten till kompressorerna vid lågt flöde av make-upvatten. Därför har detta koncept utrustats med en liknande kylvattenkylning som konceptet 6.1.1 Atlas Copco.

6.1.3 Värmeväxling PM2

Detta systemet är ett öppet system. Kylvattnet tas från fabriks pumpen, på samma sätt som dagens kylsystem. Vattnet temperaturregleras vid kompressorerna till 35 °C.

Make-upvattnets tillförsel till matarvattentanken sker på två olika sätt. En ventil som reglerar 0-50 % (0-80 l/min) av reningskapaciteten hos avhärtningsanläggningen för påfyllning av make-upvatten i samlingskondensattank PM2. Därifrån pumpas make-upvattnet ihop med kondensat till matarvattentanken. Det övriga reningskapaciteten (51-100 % motsvara 81-160 l/min) fylls, som tidigare, på i matarvattentanken. Vattnet förvärms med ånga enligt dagens system.

Energien från kylsystemet värmeväxlas till det make-upvattnet som fylls på till samlingskondensattanken. Detta sker alldeles bredvid samlingskondensattanken.

Efter värmeväxling återförs kylvattnet till råvattentanken.

Genom att placera en bypass ventil över värmeväxlaren så påverkas inte förmågan att kyla samlingskondensattank PM2 vid behov.

Möjligheten att kyla enligt dagens system tas inte bort. Se bilaga 9 för mer information.

Konceptet värmeväxlare PM2 kan innebära att nivåreglering för matarvattentanken blir långsammare. Vattnet som tillsätts i samlingskondensattank PM2 skulle också hålla en lägre temperatur än det som tillsätts idag. Detta kan komma att påverka temperaturen i matarvattentanken och öka mängden ånga som värmer matarvattnet i matarvattentanken.

Fördelen med detta koncept är att längden rör som behövs är litet.

6.1.4 Öppet system

Det öppna systemet har samma flödesutformning som i 6.1.2 Slutet system. Skillnaden är att vattnet tas från fabrikspumpen. Temperaturen på kylvattnet regleras på samma sätt och energin värmeväxlas till make-upvattnet före ångvärmeväxlaren i nya pannhuset.

Vattnet återförs efter värmeväxling till råvattentanken. Möjligheten att kyla kompressorerna enligt dagens system behålls, se bilaga 10.

Konceptet öppet system ändrar inga funktioner i dagens system. Kylvattnet, som temperaturregleras, värmeväxlas med make-upvatten till matarvattentanken. Eftersom kylvattnet tas från råvattentanken är vattnet alltid så pass kallt att det kan kyla kompressorerna. Dock kan temperaturen på kylvattnet variera och därmed också flödet. Ett lägre flöde innebär ökade energiförluster i rören.

6.2 Direktanvändning

Förslagen som klassats in under direktanvändning har det gemensamt att de använder det uppvärmda kylvattnet som make-upvatten. Det varma vattnet tillsätts före avhärdningsanläggningen, vilket innebär att de förbrukarna som inte skall ha varmt vatten måste kylas eller kopplas om.

De båda provtagarna har kopplas om då kylvattnet till dem skall kyla kondensat och ånga till en temperatur mellan 20 och 25 °C. Den förbrukaren som har utrustats med en kylare är avhärdningsfiltret till elpannan.

De förslagen som arbetats fram som direktanvänder kylvattnet från kompressorerna har kallats Ventil och Tank.

6.2.1 Ventil

Vattnet för att kyla kompressorerna tas från fabrikspumpen. Kylvattnet temperaturregleras över kompressorerna till 35 °C innan det leds till nya pannhuset. Där används det uppvärmda vattnet för att hålla nivån i matarvattentanken. Skulle inte vattenmängden räcka tillförs vatten på det sätt som sker idag. Flödesschema finns i bilaga 11.

Skulle mängden varmvatten vara för stor återförs restvattnet till råvattentanken.

Temperaturen på det vatten som tillförs matarvattentanken är samma som tidigare (65 °C) då förvärmning med ånga fortfarande används.

6.2.2 Tank

Detta koncept fungerar ungefär på samma sätt som 6.2.1 Ventil, se bilaga 12. Skillnaden ligger i att restvattnet lagras i en isolerad tank för att användas då behovet är större. Skulle denna tank fyllas pumpas vattnet till råvattentanken.

Konceptet Tank har den nackdelen att vattnet kan kallna medan det lagras i tanken. Skulle en liten mängd varmt vatten fyllas på i tanken innehållande en större mängd kallt vatten skulle temperaturen på det tillförda vattnet sjunka.

7 Konceptutvärdering

7.1 Energiåtervinning

Den mängd energi som kyls bort från kompressorerna är ungefär 100 kW. Denna mängd energi skulle kunna öka temperaturen på olika massaflöden vatten enligt tabell 7.1.

Massaflöde	Massaflöde (kg/s)	Temperaturhöjning (°C)
Maxflöde genom avhärtningsanläggningen	160	8,9
Max vattenflöde genom värmväxlare vid PM2	80	17,9
Medelflöde genom avhärtningsanläggningen	73	19,6
Lågt flöde genom avhärtningsanläggningen	15	95,4

Tabell 7.1 Temperaturhöjning vid energitillförsel av 100 kJ/s. Beräknat med en specifik värmekapacitet på 4 194 J/kg °C (vatten 10 °C).

De olika förslagen tar tillvara olika mängder energi, och vissa utav dem förbrukar även energi, till exempel pumparna i de slutna systemen. Resultatet av beräkning kan beskådas i tabell 7.2.

Förslag	Tillvaratagen energi (%)	Tillvaratagen energi (kW)
Atlas Copco	93	93
Slutet system	93	93
Värmväxling PM2	95	95
Öppet system	95	95
Ventil	95	95
Tank	95	95

Tabell 7.2 Energitillvaratagande för de olika koncepten.

För noggrannare detaljer av energiåtervinningen se bilaga 12.

7.2 Investeringskostnad

Genom frågor och beräkningar på de ingående komponenterna i de framarbetade koncepten så har investeringskostnaden för koncepten beräknats. På samtliga förslag har en summa på 20 000 kr lagts till. Detta för att täcka eventuella merkostnader, diverse småarbeten, mm. Summorna presenteras i tabell 7.3.

Koncept	Investeringskostnad (kr)
Atlas Copco	672 500
Slutet system	300 800
Värmeväxlare PM2	161 500
Öppet system	215 800
Ventil	271 000
Tank	300 900

Tabell 7.3 Investeringskostnad för de olika koncepten.

För mera detaljer av beräkningarna av investeringskostnaderna se bilaga 13.

7.3 Payback-kalkyl

Genom att jämföra energibesparingen med investeringskostnaden har payback-tiden för de framtagna koncepten beräknats i tabell 7.4. Även en priskänslighetsanalys har genomförts, se bilaga 15, då priset för energi varierar kraftigt under årets månader.

Förslag	Investeringskostnad (kr)	Energiåtervinning (kW)	Energibesparing (kr/år)	Payback-tid (år)
Atlas Copco	672 500	93	166 000	4,05
Slutet system	300 800	93	166 000	1,81
Värmeväxling PM2	161 500	95	169 000	0,96
Öppet system	215 800	95	169 000	1,28
Ventil	271 000	95	169 000	1,60
Tank	300 900	95	169 000	1,78

Tabell 7.4 Beräkning av payback-tid uttryckt i år. Energibesparingen har beräknats utifrån en energiåtervinningen i tabell 7.2, medelspotpriset 2001 (19,47 öre/kWh) plus en nätavgift på 1,5 öre per kWh samt produktion 355 dygn per år.

7.4 Kepner-Tregoe

Genom att ställa upp de olika koncepten mot de krav som framarbetats skapades en Kepner-Tregoe-matris. Resultatet av matrisen kan beskådas i tabell 7.5.

Koncept	Resultat
Öppet system	32
Tank	27
Slutet system	25
Värmeväxling PM2	25
Ventil	24
Atlas Copco	22

Tabell 7.5 Resultat från Kepner-Tregoe-matrisen, max 34 poäng, medel 26,8 poäng. Mer information finns i bilaga 16. Viktningen till matrisen finns i bilaga 17.

8 Resultat

I tabell 8.1 har resultaten från Kepner-Tregoe-matrisen och Payback-kalkylen sammanställts för en tydlig överblick över de framtagna summorna. Siffrorna har använts för att utvärdera de olika framtagna förslagen.

Förslag	Poäng Kepner-Tregoe	Investering (kr)	Payback-tid (år)
Öppet system	32	215 800	1,28
Tank	27	300 900	1,78
Slutet system	25	300 800	1,81
Värmeväxling PM2	25	161 500	0,96
Ventil	24	271 000	1,60
Atlas Copco	22	672 500	4,05

Tabell 8.1 Resultat från arbetet.

9 Analys

Möjligheten och kostnader för att byta ventiler och jonbytare för avhärdningsfiltret till elpannan har inte undersökts. Detta är den förbrukaren av avhärdat vatten som är svårast att få rätt vattentemperatur till och dessa förändringar kan innebära att en högre vattentemperatur kan användas i avhärdningsfiltret till elpannan.

Den Kepner-Tregoe-matris som gjorts är baserad på en persons åsikter. Detta innebär att ett annat resultat hade kunnat erhållas om matrisen skapats på ett annat sett.

För de flesta förslag består den största delen av kostnaden för installationen av arbets- och materialkostnader för rör. I de beräkningar som gjorts för rörmaterial har en rabatt på 50 % använts. På de flesta delar av materialet fås en rabatt som är större än den som använts i beräkningarna.

Vid installationsarbetet av rör har kostnaden beräknats utifrån att extern personal används. Skulle egen personal användas för installationen minskar kostnaden, men sannolikt blir tiden för ombyggnad längre.

De delar av rörsystemet som skall vara isolerade har beräknats med användning av plastplåt som skydd. De delar som skall dras utomhus i befintliga rörgator mellan byggnader bör istället förses med aluminiumplåt som skydd. Detta kommer att medföra en kostnadsökning med mellan 2 000 och 5 000 kr.

Som tidigare nämnts har en buffertsumma på 20 000 kr inräknats i investeringskostnaden för att täcka eventuella små arbeten inställningar och justeringar som kan tillkomma.

10 Slutsats

Det av de framtagna koncept som förväntas uppfylla de krav som ställts upp mest är förslaget öppet system. Detta konceptet medför endast små förändringar i de system som finns idag. Valet med värmeväxling medför att förändringar i systemen som en del av koncepten skulle ha inneburit inte behöver göras. Den förändring som görs är att flödet kylvatten minskar och istället för att efter kylningen av kompressorerna återföra vattnet till råvattentanken värmeväxlas energin till make-upvattnet.

Lika varmt vatten som tidigare fylls på i matarvattentanken på samma sätt som tidigare. Förändringen är att en mindre mängd ånga förbrukas.

Flödet matarvatten påverkar inte kylningen av kompressorerna då vattnet som tillförs kompressorerna tas från råvattentanken.

Möjligheten att köra systemen på samma sätt som idag finns i fall denna möjlighet skulle vilja användas.

10.1 Rekommendationer till fortsatt arbete

Det närmast förestående arbetet är att avgöra ifall det framtagna konceptets lönsamhet och återbetalningstid är tillräckligt god för att investeringen skall genomföras.

Om investeringen verkar tillräckligt lönsam så bör kontakter med leverantörer snarast tas för beställning av material och arbeten.

11 Litteraturförteckning

Munkenberg, E-L. 1998. Rapportskrivning – Institutionen för Teknisk standard. HTU
Teknik med tillägg av Jan-Olov Holst och Mats Eriksson

1998. Energiteknik - Formler, Tabeller och Diagram– Institutionen för Teknik, HTU

Gustafson, B-A. 1992. Kompendium i strömningsmaskinteknik – Institutionen för
Termo- och Fluidmekanik, Chalmers Tekniska Högskola

Bilagor