



Fakulteten för hälsa, natur- och teknikvetenskap

Miljö- och energisystem

Per Iverlund

# Värmeväxling med torkluft från Valmets pilotmaskin TM1

Återvinning av spillvärme vid torkning av  
mjukpapper

Heat exchange using exhaust air from Valmet's pilot tissue machine TM1

Recovering waste heat from tissue drying process

Examensarbete 22,5 hp

Högskoleingenjörsprogrammet i energi- och miljöteknik

Juni 2014

Handledare: Magnus Ståhl

Examinator: Lena Stawreberg

## Sammanfattning

Idag ställs stora krav på företag att vara miljömedvetna och resurseffektiva i sin verksamhet. Vid mjukpapperstillverkning används stora energimängder och inom industrin har det under många år funnits en strävan att energieffektivisera processer och att tillvarata spillenergi, bland annat genom värmeåtervinning. Valmet Tissue Technology Center i Karlstad har idag en pilotmaskinen utan värmeåtervinningssystem. Den här undersökningen gjordes i syfte att ta reda på hur stor återvinningspotentialen är för värmeväxling i pilotmaskinens torkpartier, bestående av Yankeeåpan och TAD-cylindrarna. Tre maskinkoncept undersöktes: DCT®, NTT™ och TAD. Entalpi och effekt i utgående torkluft bestämdes utifrån dess massflöde, temperatur och fukthalt för respektive koncept och torkparti. För att beräkna återvinningspotential i luftflödena undersöktes effektbehov för avsättningsalternativ bestående av förvärmning av förbränningsluft och make-up air, uppvärmning av radiatorvatten samt ånggenerering med Waste Heat Steam Generator. Effekt- och energimässig återvinningspotential beräknades dels teoretiskt och dels reellt med simuleringsprogram för befintliga produkter. Ekonomisk besparing från minskad energianvändning samt investeringskostnad för respektive avsättningsalternativ och torkparti beräknades. Paybacktid användes som mått på ekonomisk lönsamhet. Utöver ovanstående undersöktes om det finns ett samband mellan aktivitet på pilotmaskinen och effektopparna för fjärrvärmeanvändning i den aktuella byggnaden.

Störst entalpi har utgående torkluftsflöden från Yankeeåpan vid DCT-körning följt av NTT-körning. Den största effektmässiga återvinningspotentialen för luftförvärmning finns i TAD-cylinder 1 men betydande tryckfall uppstår i värmeväxlaren på grund av stora luftflöden. Waste Heat Steam Generator kan inte användas ihop med pilotmaskinen på grund av för låg entalpi och effekt i utgående torkluft.

Generellt är den reella återvinningspotentialen vid luftförvärmning mindre än den teoretiskt beräknade. Totalt innebär värmeväxling från Yankeeåpan den största årliga energibesparingen vid luftförvärmning. Reell energibesparing vid luftförvärmning i Yankeeåpan är 55 MWh per år vilket motsvarar 4 300 kg gasol. För uppvärmning av radiatorvatten finns den största effekt- och energimässiga återvinningspotentialen vid värmeväxling i Yankeeåpan under DCT-körning följt av NTT-körning. TAD-körning innebär en mindre återvinningspotential vid värmeväxling både i Yankeeåpan och TAD-cylindrarna. Totalt innebär värmeväxling från Yankeeåpan den största årliga energibesparingen vid uppvärmning av radiatorvatten. Reell energibesparing vid uppvärmning av radiatorvatten med torkluft från Yankeeåpan är 153 MWh fjärrvärme per år.

Årlig kostnadsbesparing vid luftförvärmning är 43 000 SEK och vid uppvärmning av radiatorvatten 63 400 SEK. Paybacktid för investering i luftförvärmning är 2,6 år och för uppvärmning av radiatorvatten 4,4 år.

Ett samband mellan att pilotmaskinen körs och hög fjärrvärmeförbrukning finns, dock är det rutinförändringar kring lokalventilering under körning som främst kan bidra till att sänka de högsta effektopparna.

## Abstract

There are great demands on industrial companies today to be environmentally responsible and resource-efficient. Within the paper and tissue industry a lot of energy is being used in the processes and since many years there's been a development towards a more efficient energy use, for example by recovery of waste heat. Valmet Tissue Technology Center in Karlstad, Sweden, has a pilot tissue machine without a waste heat recovery system. This thesis was carried out to investigate the waste heat recovery potential of the pilot machine's drying sections, being the Yankee hood and TAD cylinders. Three different concepts of the machine were studied: DCT®, NTT™ and TAD. The enthalpy and heat flows of the exhaust air from the drying sections were calculated by the air's mass flow, temperature and humidity. To calculate the heat recovery potential the heat demand for pre-heating combustion and make-up air, heating radiator water and generating steam by using a Waste Heat Steam Generator was investigated. The heat recovery potential was calculated theoretically but also simulated using programs for real heat exchangers. Economic savings from reduced energy use and investment costs was used to calculate the payback time for each investment alternative. As a separate task the maximum district heating loads in the facility of the pilot machine was cross checked with the pilot machine activity, to clarify any relationship between them.

The largest enthalpy was found to be in the exhaust air from the Yankee hood when running the DCT concept followed by the NTT concept. However, the largest heat flow is in the exhaust air from the first TAD cylinder. The air from the first TAD cylinder meant the largest heat recovery potential but caused big pressure drops in the heat exchanger. The Waste Heat Steam Generator cannot be used together with the pilot machine due to too low enthalpy and heat flow in the exhaust air from the drying sections.

In general the real heat recovery potential when pre-heating combustion and make-up air is smaller than the theoretical potential. In total, heat exchange using exhaust air from the Yankee hood means the largest energy saving when pre-heating air. The real energy saving when pre-heating air using outgoing air from the Yankee hood is 55 MWh per year, meaning 4 300 kg of propane. The largest potential for heating radiator water occurs when using exhaust air from the Yankee hood when running the DCT concept followed by the NTT concept. The TAD concept means smaller heat recovery potential regardless of air from the Yankee hood or TAD cylinders is being used. In total, heat exchange using outgoing air from the Yankee hood means the largest yearly energy saving when heating radiator water, the real energy saving in district heating being 153 MWh per year.

The economic saving when pre-heating air is 43 000 SEK per year and when heating radiator water 63 400 SEK per year. The payback time when investing in pre-heating air is 2,6 years and when heating radiator water 4,4 years.

A relationship between running the pilot machine and big loads of district heating use can be seen. However, changing the routines of ventilation in the machine hall during trial days would probably be the easiest way to reduce the maximum loads.

## Förord

Detta arbete har utförts på Valmet Tissue Technology Center i Karlstad under våren 2014. Syftet har varit att utreda energimässig potential och ekonomisk lönsamhet vid värmeåtervinning från pilotmaskinen, TM1:s, torkpartier. Detta har gjorts dels teoretiskt och dels med hjälp av simulering av befintliga produkter.

Jag vill tacka mina handledare Magnus Ståhl, Miljö- och energisystem vid Karlstads universitet och Maria Jepson, Valmet Tissue Technology Center för stöd och uppmuntran. Tack också till Olli Saikkonen på Valmet S.p.A., Johan Blücher på Airec AB, Christian Jansson på Caverion, Anders Bylin, Olof Öberg och Martin Rosén på Karlstads energi och all personal på Valmet Tissue Technology Center i Karlstad som har hjälpt mig att genomföra arbetet.

Detta examensarbete har redovisats muntligt för en i ämnet insatt publik. Arbetet har därefter diskuterats vid ett särskilt seminarium. Författaren av detta arbete har vid seminariet deltagit aktivt som opponenter till ett annat examensarbete.

Karlstad, juni 2014

---

Per Iverlund

# Teckenförklaring, indextermer & ordlista

## Teckenförklaring

| Symbol                  | Storhet                           | Enhet                                 |
|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| P                       | Tryck                             | Pa                                    |
| $\Delta P$              | Differenstryck                    | Pa, mmVP                              |
| T                       | Temperatur                        | K, °C                                 |
| $\rho$                  | Densitet                          | kg/m <sup>3</sup>                     |
| g                       | Tyngdaccelerationskonstant        | m/s <sup>2</sup>                      |
| h                       | Höjd                              | m                                     |
| v                       | Hastighet                         | m/s                                   |
| V <sub>f</sub>          | Volymflöde                        | m <sup>3</sup> /s                     |
| $\dot{m}$               | Massflöde                         | kg/s                                  |
| A                       | Area                              | m <sup>2</sup>                        |
| U                       | Total värmeöverföringskoefficient | W/m <sup>2</sup> , K                  |
| x                       | Fukthalt                          | kg <sub>H2O</sub> /kg <sub>T.L.</sub> |
| m                       | Massa                             | kg                                    |
| M                       | Molmassa                          | kg/mol                                |
| n                       | Mol                               | Mol                                   |
| b <sub>p</sub>          | Bredd pappersbana                 | m                                     |
| C <sub>p</sub>          | Värmekapacitivet                  | kJ/kg, °C                             |
| H <sub>fg</sub>         | Förångningsentalpi                | kJ/kg                                 |
| $\Delta H_{fg}$         | Förångningsentalpi, genomsnittlig | kJ/kg                                 |
| i                       | Entalpi                           | kJ/kg                                 |
| $\eta_{\text{Läckage}}$ | Andel av massflöde                | %                                     |
| $\dot{E}$               | Effekt                            | kW                                    |
| E                       | Energi                            | kWh                                   |
| e                       | Specifik energi                   | kWh/kg                                |
| C                       | Kostnad inköp/installation        | SEK                                   |
| a                       | Kostnadsbesparing, energi         | SEK/år                                |
| PB                      | Payback, återbetalningstid        | År                                    |

## Indextermer

| Symbol | Betydelse                     |
|--------|-------------------------------|
| T.L.   | Torr luft                     |
| in     | Ingående till torkluftssystem |
| ut     | Utgående ur torkluftssystem   |
| L      | Luft                          |
| v      | Vatten                        |
| tot    | Totalt                        |
| start  | Före värmeväxling             |
| slut   | Efter värmeväxling            |
| kond   | Kondenseringspunkt            |

**Ordlista med förkortningar och begrepp**

| <b>Uttryck</b> | <b>Beskrivning</b>                                               |
|----------------|------------------------------------------------------------------|
| Tissue         | Mjukpapper                                                       |
| TM1            | Tissue Machine 1, pilotmaskinen                                  |
| DCT®           | Advantage™ DCT® Technology, maskinkoncept Valmet                 |
| NTT™           | Advantage™ NTT™ Technology, maskinkoncept Valmet                 |
| TAD            | Advantage™ ThruAir Technology, maskinkoncept Valmet              |
| Yankee         | Yankeecylinder, del av torkparti                                 |
| YH             | Yankeekåpa, del av torkparti                                     |
| TAD 1          | Första TAD-cylindern, torkparti                                  |
| TAD 2          | Andra TAD cylindern, torkparti                                   |
| Bath           | Toalettpapper                                                    |
| Plain          | Slätt, ostrukturerat papper                                      |
| Structured     | Strukturerat papper                                              |
| Towel          | Hushållspapper                                                   |
| MD             | Machine Direction, riktning längs pappersbanan                   |
| CD             | Cross Direction, riktning tvärs pappersbanan                     |
| BD             | Bone Dry, helt avvattnat papper                                  |
| HTT            | High Temperature Toe, extra gasolbrännare i Yankeekåpans våtände |
| WE             | Wet End, Yankeekåpans våtände                                    |
| DE             | Dry End, Yankeekåpans torrände                                   |
| Make-up air    | Utspädningsluft till torkpartierna                               |
| Pay back       | Återbetalningstid för en investering                             |
| Exhaust        | Utgående flöde                                                   |
| Reel           | Rullstol för upprullning av pappret efter crepning               |
| VVX            | Värmeväxlare                                                     |
| FJV            | Fjärrvärme                                                       |
| CEPCI          | Chemical Engineering Plant Cost Index                            |

# Innehållsförteckning

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Inledning & bakgrund .....                                                               | 1  |
| 2. Översiktlig beskrivning av mjukpapperstillverkning & kvalitetsparametrar .....           | 3  |
| 2.1. Konceptbeskrivning av DCT®, NTT™ och TAD .....                                         | 4  |
| 2.2. Pilotmaskinen och dess torkparti .....                                                 | 6  |
| 3. Metod .....                                                                              | 10 |
| 3.1. Insamling av mätdata .....                                                             | 10 |
| 3.2. Beräkning av entalpi och effekt i utgående torkluft .....                              | 11 |
| 3.3. Effektbehov och återvinningspotential för avsättningsalternativen .....                | 14 |
| 3.4. Effekttoppar för fjärrvärmeanvändning .....                                            | 17 |
| 3.5. Ånggenerering med Waste Heat Steam Generator .....                                     | 17 |
| 3.6. Beräkning av investeringskostnad, ekonomisk besparing och återbetalningstid .....      | 17 |
| 4. Resultat .....                                                                           | 19 |
| 4.1. Entalpi och effekt i utgående torkluft .....                                           | 19 |
| 4.2. Förvärmning av förbränningsluft och make-up air .....                                  | 22 |
| 4.3. Uppvärmning av radiatorvattnet i byggnaden .....                                       | 24 |
| 4.4. Effekttoppar för fjärrvärmeanvändning .....                                            | 26 |
| 4.5. Ånggenerering med Waste Heat Steam Generator .....                                     | 27 |
| 4.6. Återvinningspotential och sparad energimängd för respektive avsättningsalternativ .... | 27 |
| 4.7. Ekonomisk besparing .....                                                              | 31 |
| 4.8. Payback .....                                                                          | 32 |
| 5. Diskussion .....                                                                         | 34 |
| 5.1. Entalpi och effekt .....                                                               | 34 |
| 5.2. Avsättningsalternativ, effektpotential och effektbehov .....                           | 34 |
| 5.3. Effekttoppar för fjärrvärmeanvändning .....                                            | 35 |
| 5.4. Waste Heat Steam Generator .....                                                       | 35 |
| 5.5. Energibesparing .....                                                                  | 35 |
| 5.6. Ekonomisk besparing och pay back .....                                                 | 36 |
| 5.7. Begränsningar .....                                                                    | 36 |
| 5.8. Osäkerheter .....                                                                      | 36 |
| 6. Slutsatser .....                                                                         | 38 |
| 7. Förslag till fortsatta undersökningar .....                                              | 39 |
| 8. Referenser .....                                                                         | 40 |
| Bilaga A: Produktblad Gasol Propan 95 .....                                                 | I  |

|                                                                                     |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Bilaga B: Fjärrvärmeanvändning och medeltemperaturer .....                          | IV   |
| Bilaga C: Effekter, temperaturer och tryckfall för värmeväxlare CHR-HT .....        | XXI  |
| Bilaga D: Effekter, temperaturer och tryckfall för värmeväxlare Cross30-C-140 ..... | XXIV |
| Bilaga E: Retur- och framledningstemperatur för fjärrvärme .....                    | XXXV |

# 1. Inledning & bakgrund

Idag ställs stora krav på företag att vara miljömedvetna och resurseffektiva i sin verksamhet. Vid mjukpapperstillverkning används stora energimängder och inom industrin har det under många år funnits en strävan att energieffektivisera processer och att tillvarata spillenergi (IVA 2002). Miljömedvetenhet, knappare naturresurser och minskade energikostnader är vanliga motiveringar (Valmet 2014). Förutom el till maskindrift är ånga och värme vanligen förekommande energibärare, ofta skapade via förbränning av fossila bränslen som till exempel gasol (Valmet 2014). Mjukpapperstillverkning är en process bestående av flera steg i komplexa maskiner vilket innebär att det finns flera moment där energi behöver tillföras eller bortföras (Lindquist 2010). Det innebär att det finns effektiviseringsmöjligheter på flera håll i tillverkningsprocessen. En del i processen som förbrukar mycket energi i form av ånga och varmluft är torkningen av pappret (Lindquist 2010). När pappret torkas förångas vattnet som finns i pappersmassan för att därefter ventileras ut med den varma torkluften. Torkningsprocesserna skiljer sig åt beroende på typ av pappersmaskin men har gemensamt att de ger upphov till ett flöde som är mycket energirikt på grund av sin höga temperatur och sitt höga fukthåll (IVA 2002). I den kommersiella mjukpapperstillverkningen är det idag vanligt att värmeenergin i detta flöde återvinns via värmeväxling för att därefter återföras i tillverkningsprocessen eller användas till något annat, till exempel lokaluppvärmning. Ofta återvinns värmeenergin i flera steg för olika ändamål för att tillvarata energin så effektivt som möjligt (Wen 2012).

Valmet Tissue tillverkar maskiner för mjukpapperstillverkning. På Valmet Tissue Technology Center i Karlstad finns en pilotmaskin, TM1, som används för att testa nya maskinkoncept och ändringar i befintliga. Valmets kunder kan också använda sig av maskinen för att testa egna idéer om hur de kan förbättra sin mjukpapperstillverkning. Pilotmaskinen är en modulmaskin i mindre skala än en mjukpappersmaskin som används i industrin. På grund av syftet med maskinen och att den med jämna mellanrum byggs om går den endast intermittent och då i ett antal olika utföranden. Med anledning av den intermittenta driften ihop med att pilotmaskinen är mindre än en industriell mjukpappersmaskin finns idag ingen återvinning av värmeenergin från torkpartiet (Jepson 2013). Den använda torkluften ventileras ut och dess energiinnehåll går förlorat. Att installera ett värmeåtervinningssystem för att på så sätt minska Valmets energianvändning skulle ligga i linje med företagets strävan att minska sina energikostnader och sin miljöpåverkan (Valmet 2014).

Mot bakgrund av ovanstående görs den här undersökningen i syfte att utreda hur stor återvinningspotentialen är och om det skulle vara ekonomiskt lönsamt att installera ett värmeväxlingssystem för den använda torkluften från pilotmaskinen TM1 på Valmet Tissue Technology Center. De frågor som specifikt ska besvaras är följande:

- Hur stor entalpi och effekt som finns i den utgående torkluften från Yankeeåpan respektive TAD-cylindrarna.
- Hur stort effektbehovet är för avsättning i form av förvärmning av förbränningsluft och make-up air till Yankeeåpan respektive TAD-cylindrarna.
- Hur stort effektbehovet är för avsättning i form av uppvärmning av radiatorvattnet i byggnadens uppvärmningssystem.

- Om det genom värmeåtervinning är möjligt att sänka effekttopparna för fjärrvärmeanvändningen, vilka i framtiden kommer att ligga till grund för abonnemangskostnaden.
- Om och hur mycket ånga som kan genereras med en Waste Heat Steam Generator.
- Hur mycket energi som kan återvinnas och därmed sparas i form av gasol och fjärrvärme för respektive avsättningsalternativ per kördag.
- Hur mycket pengar som sparas per kördag respektive per år till följd av minskad energianvändning.
- Hur lång återbetalningstiden är för en investering i värmeväxlarutrustning.

Sparad energi redovisas i kWh och kg gasol samt kWh fjärrvärme per kördag. Den ekonomiska besparingen redovisas som minskade kostnader för gasol respektive fjärrvärme i SEK per kördag och år. Återbetalningstid redovisas i år.

Undersökningen avgränsas av tidskäl till att behandla tre huvudsakliga maskinkoncept: DCT®, NTT™ och TAD. För varje koncept har två representativa körfall valts ut efter parametrarna maskinhastighet, papperstyp, papprets ytvikt, torrhalter och crepegrad. Totalt undersöks alltså sex stycken körningar som anses representera merparten av pilotmaskinens konfigurationer när det gäller parametrar som är av betydelse för energiinnehållet i den använda torkluften. Val av representativa körningar har gjorts i samråd med personal på Valmet Tissue Technology Center (Johansson 2014) (Israelsson 2014). De aktuella körningarna presenteras i tabell 1.

**Tabell 1. Körningar som undersöks.**

| Nummer<br>Valmet | Koncept | (Nummer per koncept) | Papperstyp | Namn i rapport |
|------------------|---------|----------------------|------------|----------------|
| #478             | DCT     | (1)                  | Bath       | #478 DCT (1)   |
| #478             | DCT     | (2)                  | Bath       | #478 DCT (2)   |
| #453             | NTT     | (1)                  | Plain      | #453 NTT (1)   |
| #453             | NTT     | (2)                  | Structured | #453 NTT (2)   |
| #461             | TAD     | (1)                  | Towel      | #461 TAD (1)   |
| #505             | TAD     | (2)                  | Bath       | #505 TAD (2)   |

Potentialen för energiåtervinning för respektive körning beräknas per normal kördag, vilket innebär att maskinen körs i sju timmar (Johansson 2014).

Värmeåtervinning i flera steg kommer inte att undersökas utan endast en typ av värmeåtervinning undersöks i taget. Potential för ackumulering av värmeenergin undersöks inte utan endast värmeåtervinning som kan ske när maskinen körs. Anledningarna är dels det begränsade investeringsunderlaget på grund av pilotmaskinens intermittenta drift och mindre utförande, dels begränsat tidsutrymme för undersökningen.

## 2. Översiktlig beskrivning av mjukpapperstillverkning & kvalitetsparametrar

Mjukpappersproduktion är en komplex och avancerad process som kan se olika ut beroende på vilken produktionsmetod som används och vilken kvalitet det är på pappret som tillverkas. Produktionsmetoden styrs till största del av typen av pappersmaskin. Papperskvaliteten styrs dels av maskintypen men också av hur maskinen är inställd. Varje maskintyp har olika inställbara intervall för variationer i papperskvalitet. Då den här undersökningen fokuserar på torkpartierna i tillverkningsprocessen så behandlas övriga delar av processen endast översiktligt. För undersökningen viktiga skillnader mellan maskintyperna beskrivs separat under konceptbeskrivningen.

Grundprincipen för mjukpapperstillverkning är att en mald (pappersmassa) blandas av huvudsakligen vatten och träfibrer och sedan sprutas ut via en inloppslåda på en vira i pappersmaskinens början. Malden innehåller cirka 99,9 % vatten för att vara lätthanterlig samt för att fibrerna i malden ska vara ordentligt omblandade och fördelas jämt på viran. Därefter ska pappret formas enligt specifikt önskemål avseende struktur med mera när det passerar formeringspartier och valsar vidare i maskinen. Det är önskvärt att pappret avvattnas så fort som möjligt när fibrerna lagts i rätt formering på viran och fortsätter genom maskinen. Avvattning sker dels genom att vatten slungas ur pappret när det passerar valsar i hög hastighet, dels genom pressning, dels genom torkpartier med varma cylindrar (Yankee) respektive med påblåsning (YH) och genomblåsning (TAD) av varmluft. Yankeeen varmhålls genom att kondensera ånga inuti den, påblåsningensluften i Yankeeåpan och TAD-cylindrarna värms ofta genom förbränning av gasol. Även ångan i Yankee produceras med gasol. När pappret torkats till önskad torrhalt crepas det oftast för att få önskade egenskaper och kvaliteter. Crepning innebär att pappret skrapas av Yankee av ett blad i en viss vinkel, vilket gör att pappret veckas i små veck. Det innebär att samma mängd papper får mindre specifik yta efter crepning. Storleken och tätheten på vecken avgör bland annat papprets slutliga ytvikt och mjukhet. Efter crepning rullas det färdiga pappret upp på rullar. Dessa moment kan sammanfattas som formering, pressning, torkning och upprullning, vilka i olika utföranden förekommer i nästan alla mjukpappersmaskiner. (Ivarsson 2014)

Att torka papper handlar om att avskilja vattnet som pappret bär med sig från malden tills önskad torrhalt på pappret uppnås. Detta görs delvis med hjälp av pressning då vattnet pressas ut ur pappret när dess porer och håligheter trycks ihop. Därefter handlar resterande torkning av pappret om att förånga vattnet genom upphettning via konduktion, konvektion och strålning i maskinens torkpartier (Lindquist 2010). Såväl temperatur som masstransport drivs av en skillnad, potential, mellan två punkter (Cengel & Ghajar 2011). Det gör det önskvärt att upprätthålla en högre temperatur på Yankee-cylindern respektive på torkluften från Yankeeåpan och TAD-cylindrarna än på det blöta pappret för att på så sätt överföra värmeenergin till vattnet i pappret. Omvänt är det önskvärt att upprätthålla en lägre fukthalt i torkluften än på luften vid det blöta papprets yta för att få en effektiv borttransport av vattnet från pappret. Att vattenånga har en högre specifik värmekapacitet än luft gör dock att torkluftens fukthalt inte bör vara för låg (Ivarsson 2014). För att utnyttja detta recirkuleras en del av den använda torkluften i systemet, övrig torkluft ventileras ut. Förutom friskluft till gasolförbränningen tas även make-up air in från maskinhallen för att upprätthålla önskad

fukthalt och önskat tryck i torkluftsystemet. Värmeenergin i den använda torkluften som inte recirkuleras kan återvinnas med hjälp av värmeväxling.

Kvalitetsparametrar för mjukpapper är främst ytvikt [ $\text{g/m}^2$ ], bulk [ $\text{m}^3/\text{kg}$ ], slitstyrka [kvot MD/CD] och töjbarhet, absorptionsförmåga [kvot  $\text{kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{torrt papper}}$ ] samt mjukhet och lenhet (Ivarsson 2014). Kvalitetsparametrarna styrs till stor del av maskintypen som används vid tillverkningen och vice versa, varför de vanligaste parametrarna beskrivs nedan.

Ytvikten fås genom att torka pappret helt (BD) och därefter väga det. Ytvikten bestäms för pappret efter crepning. Det gör att olika crepegrad ger olika ytvikt. Om ytvikten före crepning önskas så måste crepegraden räknas bort.

Bulk kan beskrivas som fluffighet eller ett mått på tjockleken på papper i relation till en ytvikt. Bulken har stor inverkan på papprets absorptionsförmåga och mjukhet.

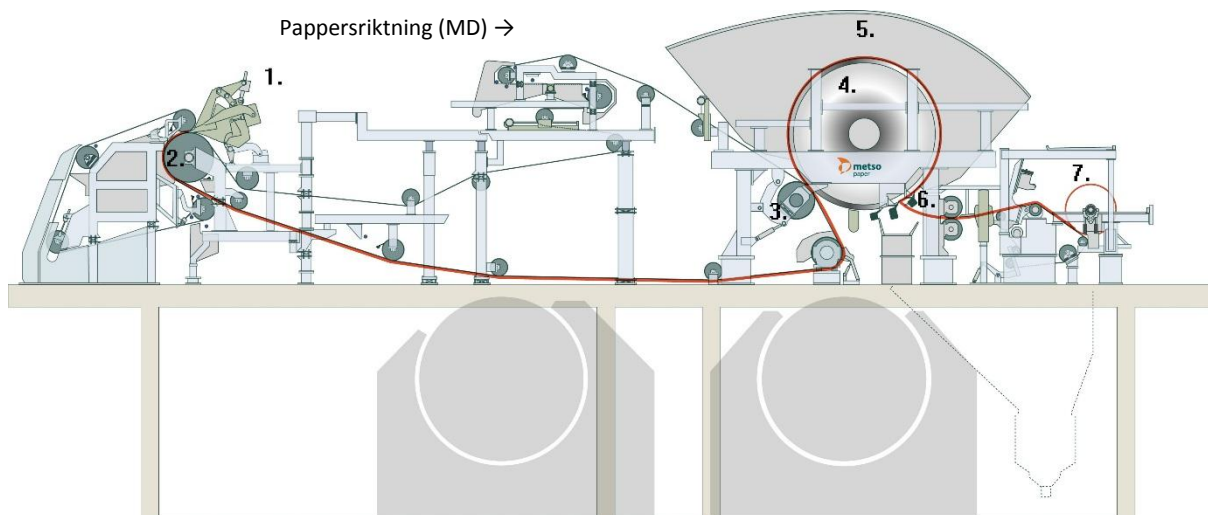
Papprets slitstyrka mäts med en maskin genom att utsätta det för dragspänning tills brott uppstår, dels i maskinriktningen (MD) och dels i tvärriktningen (CD). Slitstyrkan presenteras sedan som en kvot dem emellan. Hur uttöjt pappret är i brottögonblicket mäts också. Mätningar görs på torrt eller vått papper beroende på papprets användningsområde.

Absorptionsförmågan hos pappret mäts med olika metoder, bland annat genom att sänka ner fem gram papper i destillerat vatten under 30 sekunder. Därefter får pappret torka i en minut innan det vägs. Resultatet presenteras som kg vatten per kg torrt papper.

Mjukhet och lenhet är subjektiva parametrar som är svåra att mäta. Ofta mäts de genom tester där testpersoner får gradera hur mjukt respektive lent ett papper är efter en skala. Dock kan kopplingar för dessa egenskaper göras till andra parametrar som crepningsgrad, bulk, böjstyvhet och dragstyvhet. (Ivarsson 2014)

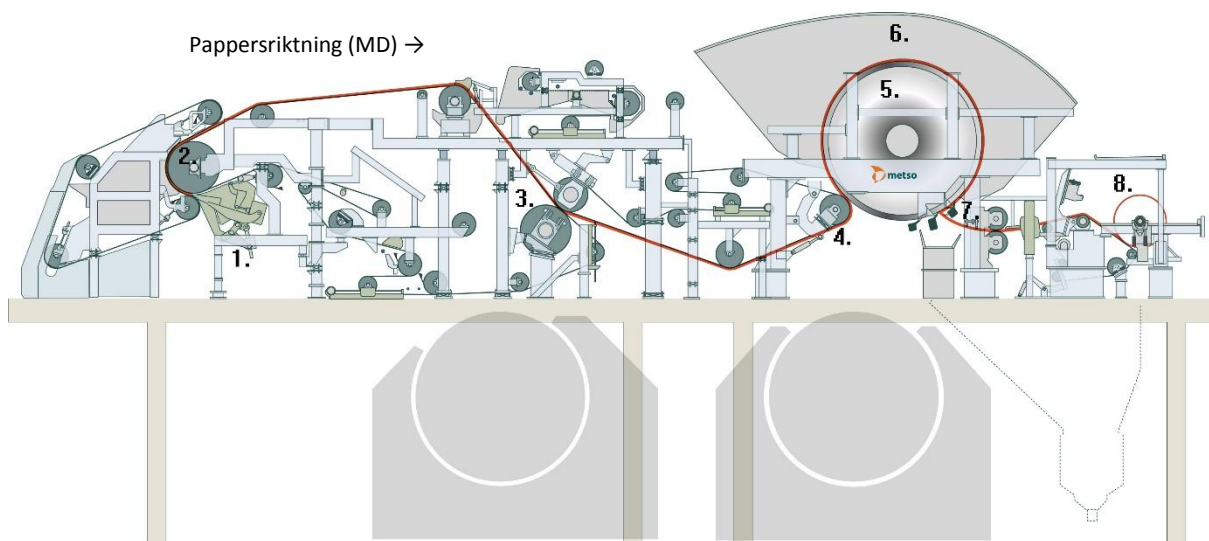
## 2.1. Konceptbeskrivning av DCT®, NTT™ och TAD

DCT-maskinen utgör det äldsta och vanligaste konceptet som omfattas av den här undersökningen (Valmet 2014). Det som kännetecknar pappret som produceras i maskintypen är att det är slätt och att eventuell struktur i pappret görs efter torkning, vilket ger ett förhållandevis billigt papper. Kvaliteten på pappret är i sammanhanget relativt låg avseende upplevd mjukhet jämfört med modernare maskiner. Slitstyrkan är däremot hög relativt ytvikten. Efter att mäliden sprutats på formeringsviran, överförs det till en filt som transporterar det vidare till torkpartiet. När pappret når torkpartiet pressas det mot den varma Yankee av en eller två pressvalsar varefter det torkas till sin sluttorrhalt över Yankee samtidigt som det påblåses med varmluft från Yankeeåpan. Som alternativ till pressvalsarna kan Valmets Advantage™ ViscoNip® användas för att på så sätt uppnå en högre torrhalt före Yankee cylindern. ViscoNip®:en har samma funktion och placering som pressvalsarna men utgörs av en presskropp, vars tryck regleras hydrauliskt, med längre pressnyp och effektivare avvattning än en konventionell pressvals. Hög torrhalt på pappret före Yankee cylindern är önskvärt då mycket energi kan sparas i torkpartiet. Pappret når sin sluttorrhalt innan det crepas. DCT-konceptet illustreras schematiskt i figur 1.



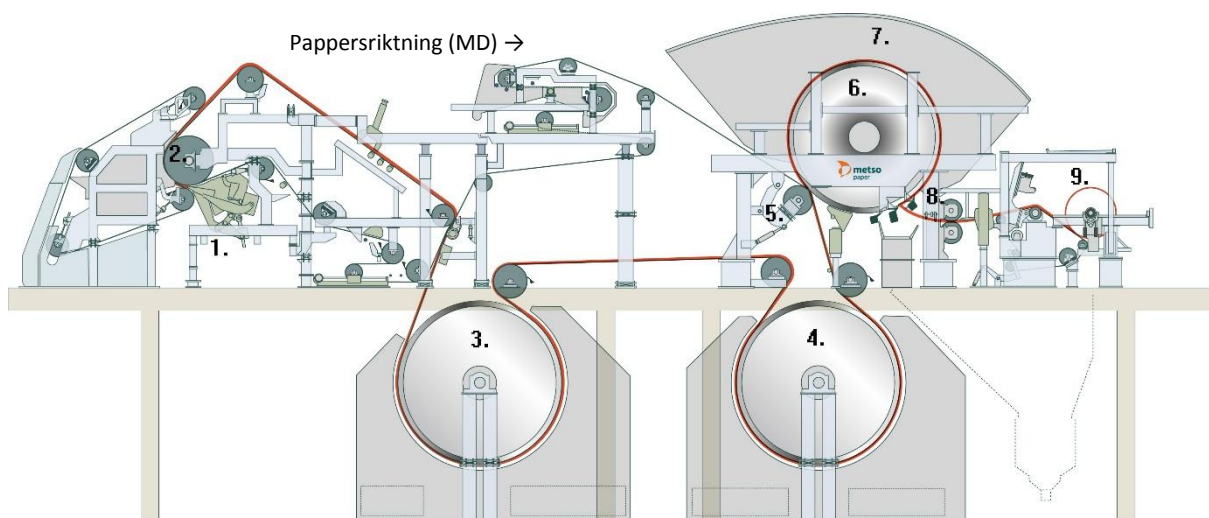
Figur 1. TM1 i DCT-utförande. 1. Inloppslåda, 2. Formeringsvals, 3. Advantage™ ViscoNip®/Pressvals, 4. Yankee, 5. Yankeekåpa, 6. Crepeblad, 7. Reel.

NTT-maskinen är en modifierad och moderniserad version av DCT-maskinen. Det som huvudsakligen skiljer de två koncepten åt är att NTT-maskinen har ett förpressningsparti innan torkpartiet, vilket möjliggör strukturering av pappret medan det är blött. Papper som får sin struktur när det är blött får en högre kvalitet och bibehåller sin struktur bättre vid absorption än papper som får sin struktur efter att det torkat. Förpressningspartiet utgörs av en skopress där ett långt pressnyp kan uppnås mot en motvals. Efter förpressningen överförs pappret till Yankee via en transfereringsvals, dock med lägre tryck än med pressvalsarna som används i DCT-maskinen. I torkpartiet torkas pappret på samma sätt som i DCT-maskinen. När pappret torkats till sin sluttorrhalt crepas det. NTT-konceptet möjliggör ett bredare intervall av papperskvalitet än DCT-konceptet men med en lägre energiförbrukning än både DCT- och TAD-koncepten (Valmet 2014). NTT-konceptet illustreras schematiskt i figur 2.



Figur 2. TM1 i NTT-utförande. 1. Inloppslåda, 2. Formeringsvals, 3. Skopress, 4. Transfereringsvals, 5. Yankee, 6. Yankeekåpa, 7. Crepeblad, 8. Reel.

TAD-maskinen bygger på ett helt annat koncept än DCT och NTT, framtaget för att kunna producera mjukpapper med mycket hög kvalitet när det gäller struktur, absorptionsförmåga, mjukhet och lenhet (Valmet 2014). Den största skillnaden finns i torkpartiet. Istället för att huvudsakligen torka pappret på Yankee torkas det med två på varandra efterföljande genomblåsningscylindrar, TAD-cylindrarna. TAD-cylindrarna är perforerade rullar och inuti cylindrarna upprätthålls ett undertryck medans ett övertryck råder i kåporna som omger dem. Detta för att uppvärmd torkluft ska passera från kåporna, genom pappret där vattnet förångas, in i cylindrarna varifrån den fuktiga torkluften sugas ut. Innan pappret passerar cylindrarna kan det struktureras i blött tillstånd utan att strukturen därefter förstörs eftersom ingen pressning sker. Viss eftertorkning sker ofta på Yankee, därefter sker eventuell crepning (Johansson 2014). TAD-konceptet illustreras schematiskt i figur 3. Normala intervall för maskin- och pappersdata för de olika koncepten visas i tabell 2.



Figur 3. TM1 i TAD-utförande. 1. Inloppslåda, 2. Formeringsvals, 3. TAD1, 4. TAD2, 5. Transfereringsvals, 6. Yankee, 7. Yankeeåpa, 8. Crepeblad, 9. Reel.

Tabell 2. Normala intervall för maskinhastighet och pappersdata (Ivarsson 2014).

| Koncept                        | DCT       | NTT       | TAD       |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Hastighet Yankee [m/min]       | 1000-2000 | 1000-2000 | 1000-1500 |
| Ytvikt [g/m <sup>2</sup> ]     | 13-50     | 13-50     | -         |
| Crepegrad [%]                  | 0-20      | 0-20      | -         |
| Torrhalt innan Yankee [vikt-%] | 38-42     | 45-48     | 70-95     |
| Sluttorrhalt [vikt-%]          | 93-98     | 93-98     | 93-98     |

## 2.2. Pilotmaskinen och dess torkparti

Pilotmaskinen hos Valmet Tissue Technology Center är som tidigare nämnts en modulmaskin och kan köras enligt alla de tre ovanstående koncepten. Den fungerar i princip som en fullstor maskin men är nedskalad av praktiska och kostnadsförmåga skäl, då syftet med den inte är att producera papper. Främst är nedskalningen gjord på bredden. Pappersbanan är 0,5-0,6 meter bred (Israelsson 2014) jämfört med en fullstor maskin där pappersbanan vanligen är 2,6-8 meter bred (Valmet 2014). Det innebär att även Yankee, Yankeeåpan och TAD-cylindrarna är smalare än på en fullstor maskin.

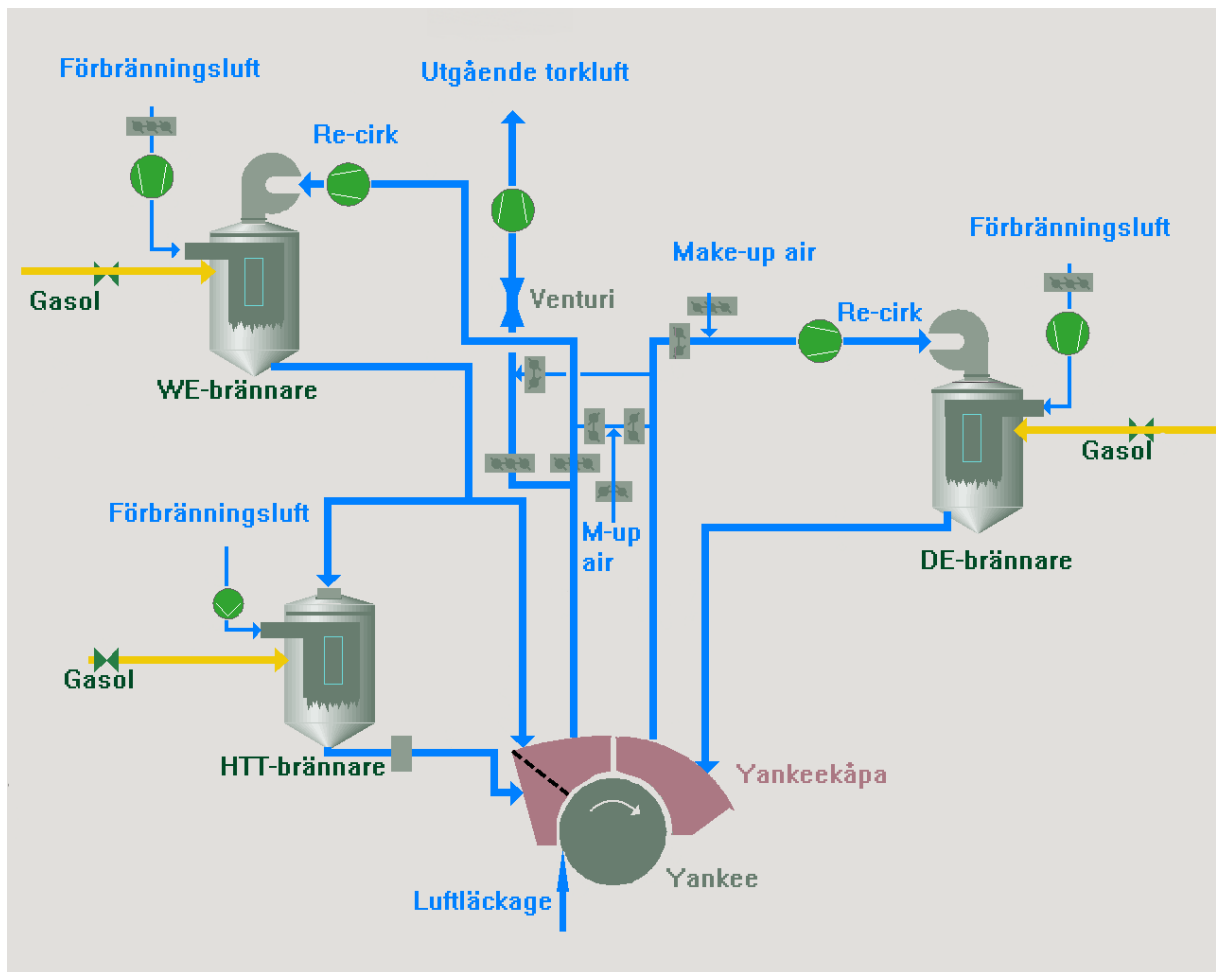
Hastighetsintervallet och diametern på Yankeeecylindern är dock ungefär desamma som på en fullstor maskin. Det innebär att vissa proportioner skiljer sig åt mellan pilotmaskinen och en fullstor, vilket kan påverka den procentuella storleken på vissa parametrar som till exempel luftläckage in i torkpartiet. Avståndet mellan Yankeeekåpa och Yankeeecylinder är 25 mm. På en fullstor Valmet-maskin är avståndet 15-25 mm (Saikkonen 2014). Det för undersökningen mest intressanta är hur torkpartierna är uppbyggda och då främst Yankeeekåpa och TAD-cylindrar. När maskinen körs med DCT- eller NTT-konfigurationerna används endast Yankeeecylinder och Yankeeekåpa för att torka pappret. När maskinen körs med TAD-konfigurationen torkas pappret huvudsakligen på TAD-cylindrarna men eftertorkas ofta något med Yankeeen och Yankeeekåpan (Johansson 2014).

Yankeeecylinderns temperatur under arket är 95-100°C (Ivarsson 2014) och ångan inuti den kondenserar vid 4-8 kPa övertryck (Johansson 2014). Bortsett från sin mindre bredd ligger data för pilotmaskinens Yankeeecylinder ungefär inom intervallen för Yankeeecylindrar på fullstora maskiner.

Yankeeekåpans uppgift är att förånga vattnet i pappret genom att blåsa varmluft på pappersbanan och därefter suga ut den fuktiga torkluften. Kåpans insida som vetter mot pappersbanan är därför försedd med små påblåsningshål varvat med utsugshål, vilket innebär att torkluften uppehåller sig väldigt kort tid vid pappret. På så sätt upprätthålls en hög temperatur på torkluften och en effektiv förångning samt borttransport av vattnet i pappret. Ett visst undertryck upprätthålls i praktiken genom att suga ut mer torkluft än vad som blåses på för att undvika läckage till maskinhallen även om ett balanserat in- och utflöde eftersträvas (Saikkonen 2014). Detta ger upphov till det luftläckage in i torkpartiet som nämns ovan. Yankeeekåpan består av två delar, våtänden och torränden. Våtänden är den sida pappret når först och därmed har sin lägsta torrhalt. Här förångas större delen av papprets vatteninnehåll. I våtändens lufttillopp finns två gasolbrännare för värmning av torkluften, dels den huvudsakliga WE-brännaren och dels HTT-brännaren som utgör ett extra värmetillskott. HTT-brännaren är placerad före WE-brännaren. I torrändens lufttillopp finns en gasolbrännare, DE-brännaren. Totalt finns alltså tre gasolbrännare i Yankeeekåpan. Torkluften som blåses på pappret i Yankeeekåpan är en blandning av förbränningsluft, förbränd gasol, make-up air och recirkulerad använd torkluft. Detta för att få torkluften att hålla önskad temperatur och fukthalt. Den del av den använda torkluften som inte recirkuleras ventileras ut efter att utflödena från både våtänden och torränden slagits samman till ett. Temperatur, fukthalt och flöde på torkluften in och ut ur Yankeeekåpan varierar beroende på maskininställningar, papperstyp samt papperskvalitet. Generellt ligger värdena för fukthalt och temperatur på torkluften i pilotmaskinen något under värdena för en fullstor maskin då systemet är något överdimensionerat (Ivarsson 2014). Normala intervall för utgående torkluftsdata för DCT- och NTT-koncepten visas i tabell 3. En systembild över Yankeeekåpans luftsystem visas i figur 4.

**Tabell 3. Normalvärden flödesdata från Yankeeekåpan på fullstora DCT- och NTT-maskiner (Saikkonen 2014).**

| DCT, NTT                                              | YH <sub>min</sub> | YH <sub>max</sub> |
|-------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|
| Fukthalt [g <sub>H2O</sub> /kg <sub>torr luft</sub> ] | 400               | 600               |
| Temperatur [°C]                                       | 250               | 360               |
| Massflöde [kg <sub>torr luft</sub> /s]                | 3,5               | 7                 |

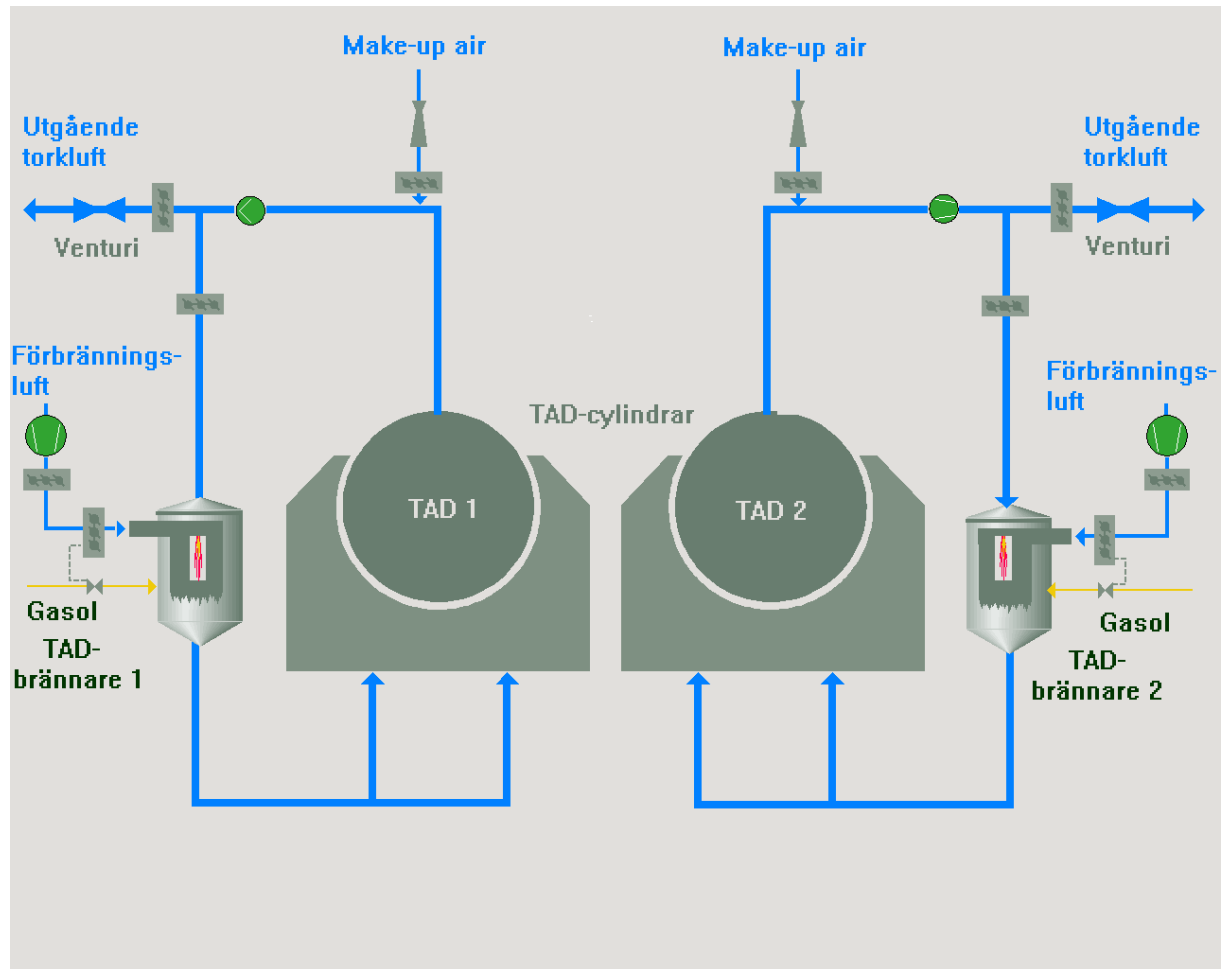


Figur 4. Systembild av Yankeekåpans luftsystem.

De båda TAD-cylindrarna har separata luftsystem med varsin gasolbrännare. Den första cylindern utför den större delen av torkningen, likt våtänden i Yankeekåpan, och dess gasolbrännare har därför en något högre effekt än den andra cylindern. Vissa rördimensioner och fläktar är också något större i luftsystemet tillhörande TAD 1 än TAD 2. Av samma anledning som i fallet med Yankeekåpan består torkluften som blåses igenom pappret av förbränningsluft, förbränd gasol, make-up air och recirkulerad använd torkluft. Ej recirkulerad använd torkluft ventileras ut separat från respektive cylinders luftsystem. Värdena för temperatur, fukthalt och flöde i torkluften varierar av samma anledningar som för Yankeekåpan ovan. Generellt är värdena för flöde och fukthalt högre för torkluften från TAD 1 än TAD 2 men i båda fallen är de ofta något lägre än på en fullstor maskin på grund av att systemet är överdimensionerat (Ivarsson 2014). Normala intervall för utgående torkluftsdata för TAD-konceptet visas i tabell 4. En systembild över TAD-cylindrarnas luftsystem visas i figur 5.

Tabell 4. Normalvärden flödesdata från Yankeeekåpan och TAD-cylindrarna på fullstora TAD-maskiner (Jewitt 2014) (Saikkonen 2014).

| TAD                                                                       | YH <sub>min</sub> | YH <sub>max</sub> | TAD1 <sub>min</sub> | TAD1 <sub>max</sub> | TAD2 <sub>min</sub> | TAD2 <sub>max</sub> |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Fukthalt [ $\text{g}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{torr luft}}$ ] | 400               | 600               | 100                 | 300                 | 100                 | 200                 |
| Temperatur [°C]                                                           | 250               | 360               | -                   | 100                 | -                   | 100                 |
| Massflöde [ $\text{kg}_{\text{torr luft}}/\text{s}$ ]                     | -                 | 7                 | -                   | -                   | -                   | -                   |



Figur 5. Systemskiss TAD-cylindrarnas luftsystem.

### 3. Metod

Inledningsvis görs en litteraturstudie av processen för mjukpapperstillverkning, maskinkoncept och energiåtervinning ihop med datainsamling.

Undersökningen består huvudsakligen av tre moment. I samtliga tre moment behandlas alla utgående flöden av torkluft från de undersökta körningarna. I första momentet ska entalpierna och effekterna ut från pilotmaskinens torkpartier beräknas. Det görs genom att skapa en modell över massbalansen av luft och vattenånga genom torkpartierna, vilka är Yankeeekåpan respektive TAD-cylindrarna. För att verifiera modellen jämförs sedan de beräknade fukthalterna i utgående torkluft med mätdata från de aktuella körningarna i förekommande fall. I moment två undersöks effektbehov för tidigare nämnda avsättningsalternativ. Energiåtervinningspotentialen för respektive avsättningsalternativ bestäms därefter dels utifrån teoretiska beräkningar och dels med simulerade resultat för befintliga värmeväxlare samt Waste Heat Steam Generator. Den teoretiska beräkningen bör ses som en optimal värmeväxling under mycket gynnsamma förhållanden med en värmeväxlare med stor area. Ingen hänsyn tas till lokal kondensering i värmeväxlaren i de teoretiska beräkningarna. De simulerade resultaten för befintliga produkter tillhandahålls av Valmet S.p.A i Gorizia (Italien) samt Airc AB i Malmö. Möjligheten att minska effekttopparna för fjärrvärmeanvändningen undersöks genom att samköra information från Karlstad Energi och Valmet för de aktuella datumen. I moment tre beräknas ekonomisk besparing för de olika avsättningsalternativen, resultaten sammanfattas per maskinkoncept och torkparti. Investeringskostnad respektive daglig och årlig besparing från minskad energianvändning beräknas och används i en payback-kalkyl.

#### 3.1. Insamling av mätdata

Mätdata finns loggade i två separata system. Det ena är DNA Tracer®, ett kontinuerligt loggsystem där mätpunkter, till exempel temperatur och fukthalt på utgående torkluft, från pilotmaskinens övervakningssystem presenteras i grafer i kronologisk ordning. Det andra är Machine & lab data®, ett loggsystem där ett antal momentana data från varje körning sparas numeriskt i Excel-format. Numeriska data tas från båda dessa system när stabila körförhållanden kunnat fastställas via DNA Tracer®. De momentana data som ligger inom det för varje körning stabila intervallet räknas sedan om till ett genomsnittligt värde för körningen, vilket används i vidare beräkningar. För båda systemen gäller att de värden som var av intresse för den aktuella körningen sparats, övriga inte. Detta innebär att få körningar har en komplett datauppsättning för att beräkna massbalans och energiflöde utan egna antaganden. I de fall antaganden måste göras baseras de på personalens erfarenhet och loggade mätdata från liknande körningar.

Sluttorrhalt på pappret som lämnar Yankeeecylindern i körning #478 DCT (1), vilken används som referensvärde för massflödesberäkningarna, antas till 94,7 procent då mätdata över detta saknas. Även i körning #478 DCT (2) antas sluttorrhalt, då till 98 procent på grund av en högre specifik ytvikt. I körningarna #461 TAD (1) och #505 TAD (2) antas papprets torrhalt mellan de två TAD-cylindrarna till 55 procent.

Mätarna av differenstryck och temperaturer för utgående torkluft antas vara rättvisande och därmed också den torra luftens hastighet samt volym- och massflöde ut ur systemet. Utgående torr luft

behandlas som ren luft då luft utgör merparten av dessa gaser. Vid beräkning av luftflöde med hjälp av differensstryck i venturirör antas alla mått, uppmätta såväl på ritning som på den fysiska maskinen, vara yttermått. Godstjockleken antas i samtliga fall vara två millimeter, då detta är vad som används av Valmet internt vid rörkonstruktioner (Saikkonen 2014).

Förutom de två loggsystemen insamlas data genom fysiska mätningar på maskinen och på ritningar över maskinen. Data som insamlas via fysisk mätning på pilotmaskinen eller på ritningar av den är dimensioner på venturirör, dimensioner på Yankeeecylinder, avstånd mellan Yankeeecylinder och Yankeeekåpa samt temperatur och fukthalt i maskinhallen.

### 3.2.Beräkning av entalpi och effekt i utgående torkluft

För att beräkna entalpi och effekt måste massflödet av torkluft och ånga samt dess temperatur ut ur pilotmaskinens torkpartier bestämmas. Tillgängliga data från loggsystemet finns för samtliga körfall över temperaturer och differensstryck genom venturirör monterade i respektive utflöde. Genom att ta reda på venturirörens dimensioner kan därmed volym- och massflöde torr luft ut ur systemet beräknas enligt Bernoullis ekvation (1) samt (2) och (3) (Cengel & Cimbala 2010). Tyngdaccelerationen (g) antas till  $9,81 \text{ m/s}^2$  och för omräkning av differensstryck från [mmVP] till [Pa] antas  $\rho_v$  till  $998 \text{ kg/m}^3$ . Tabell 5 och 6 visar indata för beräkning av utgående torklufts massflöde.

$$P_1 + \rho * g * h_1 + \rho * \frac{v_1^2}{2} = P_2 + \rho * g * h_2 + \rho * \frac{v_2^2}{2} \quad (1)$$

$$V_f = v * A \quad (2)$$

$$\dot{m}_{T.L.ut} = V_{f,ut} * \rho_{T.L.ut} \quad (3)$$

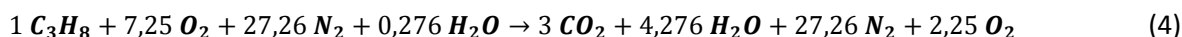
Tabell 5. Indata för beräkning av utgående massflöden torkluft.

| Koncept                                                 | DCT      | DCT      | NTT      | NTT      | TAD      | TAD      |
|---------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Körning                                                 | #478 (1) | #478 (2) | #453 (1) | #453 (2) | #461 (1) | #505 (2) |
| $\Delta P_{\text{venturi exhaust YH}}$ [mmVP]           | 77,0     | 66,3     | 99,5     | 79,6     | 122      | 164      |
| $T_{\text{exhaust YH}}$ [°C]                            | 270      | 235      | 208      | 251      | 120      | 118      |
| $\rho_{T.L. \text{ exhaust YH}}$ [kg/m <sup>3</sup> ]   | 0,65108  | 0,69599  | 0,73449  | 0,67342  | 0,8977   | 0,90251  |
| $\Delta P_{\text{venturi exhaust TAD1}}$ [mmVP]         | -        | -        | -        | -        | 46,1     | 24,2     |
| $T_{\text{exhaust TAD1}}$ [°C]                          | -        | -        | -        | -        | 89,1     | 70,0     |
| $\rho_{T.L. \text{ exhaust TAD1}}$ [kg/m <sup>3</sup> ] | -        | -        | -        | -        | 0,97428  | 1,028    |
| $\Delta P_{\text{venturi exhaust TAD2}}$ [mmVP]         | -        | -        | -        | -        | 9,9      | 2,20     |
| $T_{\text{exhaust TAD2}}$ [°C]                          | -        | -        | -        | -        | 98,8     | 75,2     |
| $\rho_{T.L. \text{ exhaust TAD2}}$ [kg/m <sup>3</sup> ] | -        | -        | -        | -        | 0,94892  | 1,01313  |

Tabell 6. Tvärsnittsareor venturirör för utgående torkluft.

| Venturirör exhaust      | A <sub>stora</sub> | A <sub>lilla</sub> |
|-------------------------|--------------------|--------------------|
| YH [m <sup>2</sup> ]    | 0,200              | 0,048              |
| TAD 1 [m <sup>2</sup> ] | 0,909              | 0,193              |
| TAD 2 [m <sup>2</sup> ] | 0,909              | 0,193              |

Då data över fukthalter i utgående torkluft endast finns loggade i ett fåtal körfall måste en modell göras som kan användas till att beräkna utgående fukthalter i samtliga fall. Modellen beskriver massflödet av luft och ånga in i systemet, vilket ger fukthalten i utgående torkluft eftersom in är lika med ut i ett statiskt system. Massflöde av förbränningsluft beräknas stökiometriskt (Alvarez 2006) (Cengel & Boles 2011) med hjälp av uppmätt gasolförbrukning, se tabell 7. Vid all stökiometrisk beräkning antas fullständig förbränning och ett luftöverskott på 45 procent (Saikkonen 2014). Vidare förenklas gasolens sammansättning till 100 procent propan (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) och luftens molförhållande till 79 procent kväve (N<sub>2</sub>) och 21 procent syre (O<sub>2</sub>). Förbränningsluften antas ha en fukthalt på 5 g<sub>H2O</sub>/kg<sub>luft</sub>, vilket uppmätts i maskinhallen under körning 2014-01-21 samt 2014-01-22. Den balanserade reaktionsformeln med molförhållanden för gasolförbränning syns i (4). Viktförhållanden visas i tabell 8.



Tabell 7. Gasolförbrukning, genomsnittlig per brännare och körning.

| Koncept               | DCT       | DCT       | NTT       | NTT       | TAD       | TAD       |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Körning               | #478 (1)  | #478 (2)  | #453 (1)  | #453 (2)  | #461 (1)  | #505 (2)  |
| HTT-brännare [kg/s]   | 0,00406   | 0,00842   | 0,00164   | 0,00216   | 0,00168   | 0,00175   |
| WE-brännare [kg/s]    | 0,0077222 | 0,0070833 | 0,00750   | 0,0109444 | 0         | 0         |
| DE-brännare [kg/s]    | 0,0080278 | 0,0092778 | 0,0054722 | 0,0085278 | 0,0024167 | 0,0015917 |
| Totalt YH [kg/s]:     | 0,01981   | 0,02478   | 0,01462   | 0,02163   | 0,00410   | 0,00334   |
| TAD-brännare 1 [kg/s] | -         | -         | -         | -         | 0,04194   | 0,02838   |
| TAD-brännare 2 [kg/s] | -         | -         | -         | -         | 0,02716   | 0,01856   |
| Totalt TAD [kg/s]:    | -         | -         | -         | -         | 0,0691    | 0,04694   |

Tabell 8. Molmassa per ämne och viktförhållande vid fullständig förbränning av gasol med 45 % luftöverskott.

| Ämne                                      | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> | O <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> O | → | CO <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> O | N <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> |
|-------------------------------------------|-------------------------------|----------------|----------------|------------------|---|-----------------|------------------|----------------|----------------|
| M [kg/mol]                                | 44                            | 32             | 28             | 18               | : | 44              | 18               | 28             | 32             |
| Viktförhållande [kg/kg <sub>gasol</sub> ] | 1                             | 5,273          | 17,347         | 0,113            | → | 3               | 1,749            | 17,347         | 1,636          |

Massflöde av luftläckage från maskinhallen antas till 45 procent av det totala luftflödet ut från Yankeeåpan. Massflöde av make-up air antas vara differensen mellan totalt utgående luftflöde subtraherat med förbränningsluft och luftläckage från maskinhallen. All luft som tas in i systemet antas innehålla 5 g<sub>H2O</sub>/kg<sub>luft</sub>.

Ingående massflöde av ånga bestäms sedan genom att beräkna massflödet av vattenånga från gasolförbränningen enligt (5), addera ånga i luftläckage från maskinhallen enligt (6), addera ånga i

make-up air enligt (7) samt genom att beräkna och addera hastigheten på vattenavdunstningen från pappret i Yankeeåpa respektive TAD-cylindrar enligt (8) och (9). Vid beräkning av vattenavdunstningen från pappret måste hänsyn tas till crepegrad enligt (10) och (11) eftersom papprets ytvikt mäts efter crepning men Yankee-hastigheten är före crepning (Ivarsson 2014). Indata för beräkning av vattenavdunstningen visas i tabell 9.

$$\dot{m}_{\text{ånga, förbränning}} = \dot{m}_{\text{gasol}} * 1,749 \quad (5)$$

$$\dot{m}_{\text{ånga, läckage}} = \dot{m}_{T.L.ut} * \eta_{\text{Läckage}} * x_L \quad (6)$$

$$\dot{m}_{\text{ånga, make-up}} = \dot{m}_{T.L.make-up} * x_L \quad (7)$$

$$\dot{m}_{\text{ånga, avdunstning Yankee}} = v_{\text{Yankee}} * b_p * \left( \frac{Ytvikt_{BD \text{ före crepning}}}{Torrhalt_{\text{före Yankee}}} - \frac{Ytvikt_{BD \text{ före crepning}}}{Sluttorrhalt} \right) \quad (8)$$

$$\dot{m}_{\text{ånga, avdunstning, TAD}} = v_{\text{Yankee}} * b_p * \left( \frac{Ytvikt_{BD \text{ före crepning}}}{Torrhalt_{\text{före TAD}}} - \frac{Ytvikt_{BD \text{ före crepning}}}{Torrhalt_{\text{efter TAD}}} \right) \quad (9)$$

$$Crepegrad = \frac{v_{\text{Yankee}} - v_{\text{Reel}}}{v_{\text{Yankee}}} \quad (10)$$

$$Ytvikt_{BD \text{ före crepning}} = Ytvikt_{BD} * (1 - Crepegrad) \quad (11)$$

**Tabell 9.** Indata för beräkning av ångflöde via avdunstning. Grönmarkerade värden är antagna, gulmarkerade beräknade och övriga från loggsystem.

| Koncept                                                | DCT      | DCT      | NTT      | NTT      | TAD      | TAD      |
|--------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Körning                                                | #478 (1) | #478 (2) | #453 (1) | #453 (2) | #461 (1) | #505 (2) |
| Ytvikt <sub>BD</sub> [g/m <sup>2</sup> ]               | 17       | 25       | 20       | 20       | 21       | 21       |
| Ytvikt <sub>BD</sub> före crepning [g/m <sup>2</sup> ] | 13,6     | 20,0     | 16,0     | 16,0     | 21,0     | 17,8     |
| Crepegrad [%]                                          | 20 %     | 20 %     | 20 %     | 20 %     | 0 %      | 15 %     |
| b <sub>p</sub> [m]                                     | 0,6      | 0,6      | 0,55     | 0,55     | 0,495    | 0,495    |
| v <sub>Yankee</sub> [m/min]                            | 1700     | 1400     | 1200     | 1200     | 1200     | 1060     |
| Torrhalt <sub>före Yankee</sub> [vikt-%]               | 46,5     | 47,5     | 47,2     | 44,1     | 88,3     | 76,2     |
| Sluttorrhalt [vikt-%]                                  | 94,7     | 98,0     | 97,6     | 97,2     | 97,1     | 98,6     |
| Torrhalt före TAD-cyl. 1 [vikt-%]                      | -        | -        | -        | -        | 21,7     | 24,1     |
| Torrhalt mellan TAD-cyl. 1 & 2 [vikt-%]                | -        | -        | -        | -        | 55,0     | 55,0     |

Beräkningarna av massflöde för luft och ånga görs på samma sätt för Yankeeåpans och respektive TAD-cylinders torkluftsystem, förutom att inget luftläckage förekommer i TAD-cylindrarna (Ivarsson 2014). När storleken på totalt ingående massflöde av vattenånga i systemet beräknats enligt (12) divideras det med totalt utgående massflöde av torr luft för att på så sätt få fram utgående fukthalt enligt (13). För att kontrollera hur väl beräkningsmodellen stämmer med verkligheten jämförs de beräknade fukthalterna med uppmätta för de körningar som fukthalterna loggats.

$$\dot{m}_{\text{ånga, tot}} = \dot{m}_{\text{ånga, förbränning}} + \dot{m}_{\text{ånga, läckage}} + \dot{m}_{\text{ånga, make-up}} + \dot{m}_{\text{ånga, avdunstning}} \quad (12)$$

$$x_{ut} = \frac{\dot{m}_{\text{ånga, in tot}}}{\dot{m}_{T.L.ut}} \quad (13)$$

Med kännedom om temperaturer, fukthalter och totala massflöden ut ur torkpartiet kan sedan entalpi och effekt beräknas enligt (14) (Berghel & Renström), (15) (Cengel & Ghajar 2011). Då de utgående luftflödenas entalpier bestäms enligt en standardiserad formel (14) används värden på  $C_p$  för luft och ånga samt för  $H_{fg}$  som avviker något från de som senare används vid beräkning av effekt- och återvinningspotential. Värdena som används i (14) för  $C_{p,T.L.}$ ,  $C_{p,ånga}$  och  $H_{fg, 1 \text{ bar } 0^\circ\text{C}}$  är 1,005 kJ/kg, °C, 1,86 kJ/kg, °C och 2500 kJ/kg.

$$i = C_{p,T.L.} * T_{start} + x_{start} * (H_{fg,1 \text{ bar},0^\circ\text{C}} + C_{p,ånga} * T_{start}) \quad (14)$$

$$\dot{E}_{tot} = \dot{m}_{tot} * i \quad (15)$$

### 3.3. Effektbehov och återvinningspotential för avsättningsalternativen

Vid undersökningen av effektbehov för förvärmning av förbränningsluft och make-up air måste start- och sluttemperaturer för dessa bestämmas ihop med massflöde och fukthalt. Starttemperaturen antas alltid vara 20°C i maskinhallen där luften tas ifrån och fukthalten fem gram per kg torr luft. Den önskade sluttemperaturen för förbränningsluft och make-up air efter värmeväxling sätts till 200°C för Yankeeekåpan (Saikkonen 2014) och till 100°C för TAD-cylindrarna (Johansson 2014). Massflödena beräknas enligt ovan för respektive körfall. Därefter beräknas effektbehoven enligt Cengel & Ghajar (2011).

Vad som begränsar återvinningspotentialen vid värmeväxling är möjligheten att nå de önskade temperaturerna på den förvärmade luften. Värmeväxlarens area och värmeöverföringstal, A-värde respektive U-värde, är avgörande för vilken temperaturdifferens som måste råda mellan värmeavgivande och värmeupptagande fluid för att överföra en viss effekt (Cengel & Ghajar 2011). I den teoretiska beräkningen av återvinningspotentialen tas hänsyn endast till en minsta temperaturdifferens mellan avgivande och upptagande fluid, vilken antas till 10°C vid motströmsvärmeväxling. För att avgöra om den effekt som kan återvinnas ur utgående torkluft vid värmeväxling motsvarar effektbehovet för förvärmning används (16) där sluttemperaturer och slutliga fukthalter anges. Sluttemperaturer och därmed slutfukthalter i utgående torkluft samt förbränningsluft och make-up air beräknas enligt Cengel & Ghajar (2011). Alla flöden antas vara fullständigt omblandade med uniform temperatur, vilket innebär att eventuell lokal kondensering av ångan i utgående torkluft inte tas med i den teoretiska beräkningen.

$$\dot{E}_{tot} = \dot{m}_{T.L.} * (C_{p,T.L.} * (T_{start} - T_{slut}) + x_{start} * C_{p,ånga} * (T_{start} - T_{kond}) + \Delta H_{fg} * (x_{start} - x_{slut})) \quad (16)$$

Förångningsentalpins ( $\Delta H_{fg}$ ) storlek i utgående torkluft antas i beräkningarna av teoretisk effektpotential till 2371 kJ/kg. Specifik värmekapacitet för utgående torkluft ( $C_{p,T.L.}$ ) antas till 1,009 kJ/kg, °C. För ångan i torkluften används ett medianvärde för  $C_{p,ånga}$  mittemellan  $T_{start}$  och  $T_{kond}$  och beräknas för respektive körfall och torkparti, se tabell 10.

**Tabell 10. Beräknade värden för  $C_p$  ånga.**

| Koncept<br>Körning                                        | DCT<br>#478 (1) | DCT<br>#478 (2) | NTT<br>#453 (1) | NTT<br>#453 (2) | TAD<br>#461 (1) | TAD<br>#505 (2) |
|-----------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $C_{p, \text{ånga YH}} [\text{J/kg, } ^\circ\text{C}]$    | 2420            | 2329,9          | 2190,4          | 2382,9          | 1977,0          | 1974,0          |
| $C_{p, \text{ånga TAD 1}} [\text{J/kg, } ^\circ\text{C}]$ | -               | -               | -               | -               | 1940,9          | 1919,0          |
| $C_{p, \text{ånga TAD 2}} [\text{J/kg, } ^\circ\text{C}]$ | -               | -               | -               | -               | 1946,6          | 1922,2          |

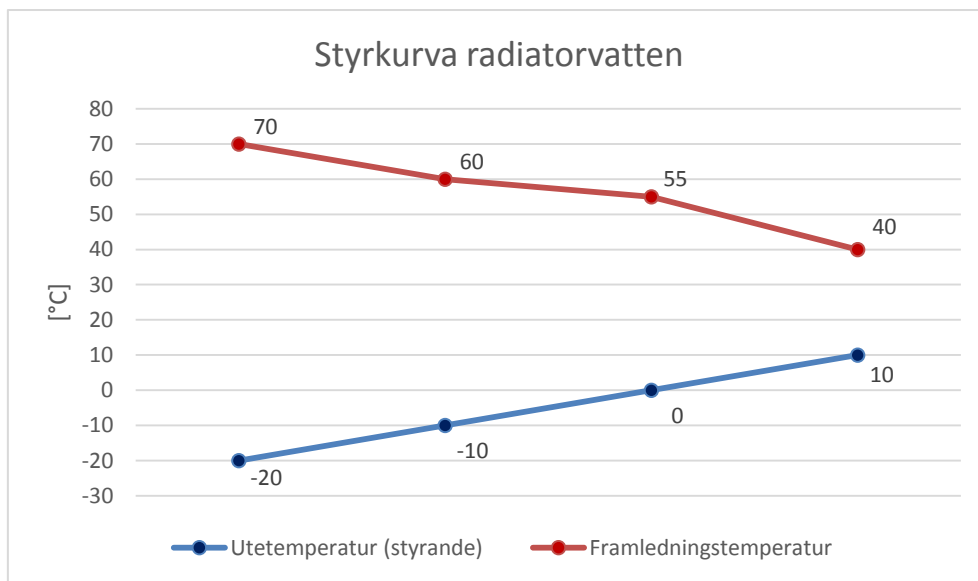
Data över utgående torkluft skickas även till Valmet S.p.A. där de, ihop med data för förbränningsluft och make-up air, används för att simulera värmeväxling med en befintlig värmeväxlare (Saikkonen 2014).

När återvinningsbar effektpotential beräknats för teoretiskt fall respektive för befintlig produkt så beräknas sparad energimängd i kWh gasol per normal kördag genom att multiplicera återvinningsbar effektpotential med körtiden. Därefter beräknas sparad gasolmängd genom att dividera energibesparingen med gasolens undre värmevärde enligt (17). Gasolens undre värmevärde är 12,9 kWh/kg, se bilaga A.

$$m_{\text{gasol}} = \frac{E_{\text{kördag}}}{e_{\text{gasol}}} \quad (17)$$

Radiatorvattnet som idag värms med fjärrvärme cirkulerar i byggnaden i en sluten intern krets och värmer radiatorer och ventilationsaggregat. Byggnaden består av en kontorsdel och två maskinhallar, pilotmaskinen står i den ena. Effektbehovet i uppvärmningssystemet varierar efter utetemperatur och aktivitet i byggnaden, därmed varierar också temperatur och flöde på radiatorvattnet (Jansson 2014). För att beräkna återvinningspotentialen vid värmeväxling mellan utgående torkluft och radiatorvatten behöver aktuell fjärrvärmeeffekt (effektbehov) samt radiatorvattnets massflöde ihop med start- och sluttemperatur fastställas (Cengel & Ghajar 2011).

Effektbehoven för respektive kördag finns loggade som dygnsmedeleffekter ihop med dygnsmedeltemperaturer hos fjärrvärmeleverantören Karlstad Energi och är därmed kända, se bilaga B (Rosén 2014). I körning #505 TAD (2) används dygnsmedeleffekten från en annan TAD-körning från ett datum med motsvarande utetemperatur, 3,5°C istället för 3,8°C, på grund av att aktuell dygnsmedeleffekt inte fanns loggad. Radiatorvattnets interna framledningstemperatur sätts som önskad sluttemperatur efter värmeväxling. Rådande utetemperatur styr radiatorvattnets framledningstemperatur enligt en förinställd styrkurva (Bylin 2014) och de önskade sluttemperaturerna kan därmed utläsas från styrkurvan, se figur 6. Rådande utetemperaturer ihop med framledningstemperaturer för respektive körning presenteras i tabell 11.



Figur 6. Styrkurva för framledningstemperatur på radiatorvattnet efter utetemperatur.

Tabell 11. Rådande utetemperatur och önskad framledningstemperatur vid respektive körning.

| Körning                             | #478<br>DCT (1) | #478<br>DCT (2) | #453<br>NTT (1) | #453<br>NTT (2) | #461<br>TAD (1) | #505<br>TAD (2) |
|-------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Rådande utetemperatur [°C]          | 1,8             | 1,5             | -1,9            | -5,3            | 6,1             | 3,8             |
| Önskad framlednings-temperatur [°C] | 52,3            | 52,75           | 55,95           | 57,65           | 45,85           | 49,3            |

Vad som inte är känt är radiatorvattnets massflöde respektive starttemperatur före värmeväxling. Om ett av dessa två värden är kända kan det andra beräknas eftersom övriga parametrar är kända. Ett konstant massflöde på radiatorvattnet antas till 5 kg/s varefter starttemperaturen beräknas utifrån effektbehov och önskad sluttemperatur för respektive kördag.

Ovan nämnda begränsningar för återvinningspotentialen vid luft/luftvärmeväxling gäller även vid luft/vattenvärmeväxling (Cengel & Ghajar 2011). I den teoretiska beräkningen av återvinningspotentialen utgör dock minsta temperaturdifferens mellan avgivande och upptagande fluid den enda begränsningen. Minsta temperaturdifferens antas till 10°C vid motströmsvärmeväxling. För att se om den effekt som kan återvinnas ur utgående torkluft vid värmeväxling motsvarar effektbehovet för uppvärmning av radiatorvattnet används (16).

Data över utgående torkluft skickas även till Airec AB i Malmö där de, ihop med data för radiatorvattnet, används för att simulera värmeväxling med en befintlig värmeväxlare (Blücher 2014).

När återvinningsbar effektpotential beräknats för teoretiskt fall respektive för befintlig produkt så beräknas sparad energimängd i kWh fjärrvärme per normal kördag genom att multiplicera återvinningsbar effektpotential med körtiden.

### 3.4. Effekttoppar för fjärrvärmeanvändning

Data över maximala dygnmedeleffekter för fjärrvärmeanvändningen i den aktuella byggnaden under 2012 och 2013 inhämtas från Karlstad Energi (Rosén 2014). De fyra datum med högst dygnmedeleffekt samkörs med data över aktuell utetemperatur (dygnsmedel) och verksamhet i maskinhallen.

### 3.5. Ånggenerering med Waste Heat Steam Generator

Waste Heat Steam Generator är en produkt framtagen av Valmet S.p.A. för att producera ånga med värme från utgående torkluft. Ångan används i processen där den värmer Yankee cylindern. För att utreda om och hur mycket ånga som kan produceras med utgående torkluft från pilotmaskinen skickas data över massflöden, fukthalter och temperaturer från de aktuella körfallen till Valmet Paper Italy S.p.A. för simulering (Zorzenon 2014).

### 3.6. Beräkning av investeringskostnad, ekonomisk besparing och återbetalningstid

Beräkningen av ekonomisk lönsamhet av en investering görs enligt den så kallade pay back-metoden enligt (18) (Sinnott & Towler 2009). Lönsamhetsmåttet är tiden i år (PB) det tar för en investering ( $C_{tot\ 2014}$ ) att återbetala sig givet en viss årlig besparing ( $a$ ). I beräkningen antas pilotmaskinen ha 85 kördagar per år med följande fördelning mellan koncepten. 30 dagar TAD, 30 dagar NTT och 25 dagar DCT. Beräkningen görs för respektive avsättningsalternativ och torkparti.

$$PB = \frac{C_{tot\ 2014}}{a} \quad (18)$$

Grundinvesteringen ( $C_{tot\ 2014}$ ) för en värmeväxlare delas upp i två delar, inköpspris för själva värmeväxlaren samt installationskostnad. Som inköpspris ( $C_{inköp\ 2014}$ ) används i förekommande fall pris för de befintliga produkterna för såväl reella som teoretiska värmeväxlare (Saikkonen 2014) (Blücher 2014) och installationskostnaden beräknas sedan utifrån inköpskostnaden enligt (19) (Sinnott & Towler 2009). I de fall inköpskostnad saknas beräknas den enligt (20) (21). Faktorerna  $f_x$  i (19) redovisas i tabell 12. Kostnadsindex, CEPCI, för januari 2007 (Sinnott & Towler 2009) respektive november 2013 används (Chemical Engineering 2014). Kostnadsindex<sub>jan 2007</sub> var 509,7 och kostnadsindex<sub>nov 2013</sub> var 566,6. Kostnadsindex för 2014 antas vara samma som i november 2013. Då siffrorna i formlerna för beräkning av investeringskostnad är baserade på US dollar räknas de om till SEK enligt Riksbankens växelkurs 2014-05-02 (Riksbanken 2014).

$$C_{tot\ 2014} = C_{inköp\ 2014} * [(1 + f_p) + (f_{er} + f_{el} + f_i + f_c + f_s + f_l)/f_m] \quad (19)$$

**Tabell 12. Kostnadsfaktorer vid beräkning av installationskostnad av värmeväxlare.**

| Kostnadspost                                 | Kostnadsfaktor |
|----------------------------------------------|----------------|
| $f_m$ Materialkostnadsfaktor, rostfritt stål | 1,3            |
| $f_p$ Rör                                    | 0,8            |
| $f_{er}$ Installationskostnad                | 0,3            |
| $f_{el}$ Elektronik & el-arbete              | 0,2            |
| $f_i$ Instrument & kontrollutrustning        | 0,3            |
| $f_c$ Ingenjörarbete                         | 0,3            |
| $f_s$ Strukturer & lokaler                   | 0,2            |
| $f_l$ Ytbehandling & färg                    | 0,1            |

$$C_{inköp\ jan\ 2007} = 1350 + 180 * A_{vwx}^{0,95} \quad (20)$$

$$C_{inköp\ 2014} = C_{inköp\ jan\ 2007} * \frac{Kostnadsindex_{nov\ 2013}}{Kostnadsindex\ jan\ 2007} \quad (21)$$

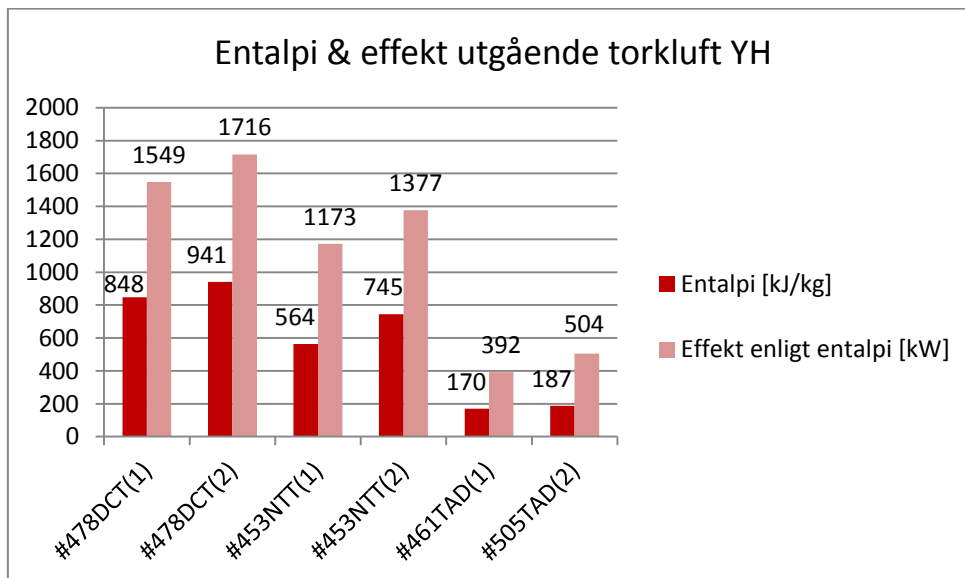
Beräkning av ekonomisk besparing görs genom att beräkna kostnadsbesparing från minskad gasolanvändning vid förvärmning av förbränningsluft och make-up air, från minskad gasolanvändning vid ånggenerering med Waste Heat Steam Generator respektive från minskad fjärrvärmeanvändning vid uppvärmning av radiatorvattnet. Kostnaden för gasol antas till 10 SEK/kg och för fjärrvärme 0,415 SEK/kWh (Mårdholm 2014). Beräkningarna görs per koncept och torkparti per dag och adderas sedan till en årlig besparing (a) enligt fördelningen ovan.

## 4. Resultat

I resultatet benämns körningarna konsekvent enligt exemplet ”#505 TAD (2)”, utan tillägg när det är torkluften från Yankeeekåpan som avses. När torkluften från någon av TAD-cylindrarna avses får körningen tillägget ”1” eller ”2” i slutet av namnet. För samma körning benämns torkflödet från första TAD-cylindern ”#505 TAD (2) 1” och från andra TAD-cylindern ”#505 TAD (2) 2”.

### 4.1. Entalpi och effekt i utgående torkluft

Figur 7 och 8 visar de beräknade entalpierna och effekterna för utgående torkluft från Yankeeekåpan respektive TAD-cylindrarna i samtliga körfall. I tabell 13 och 14 presenteras de data som ligger till grund för entalpi- och effektberäkningarna med fukthalter beräknade enligt ovan.

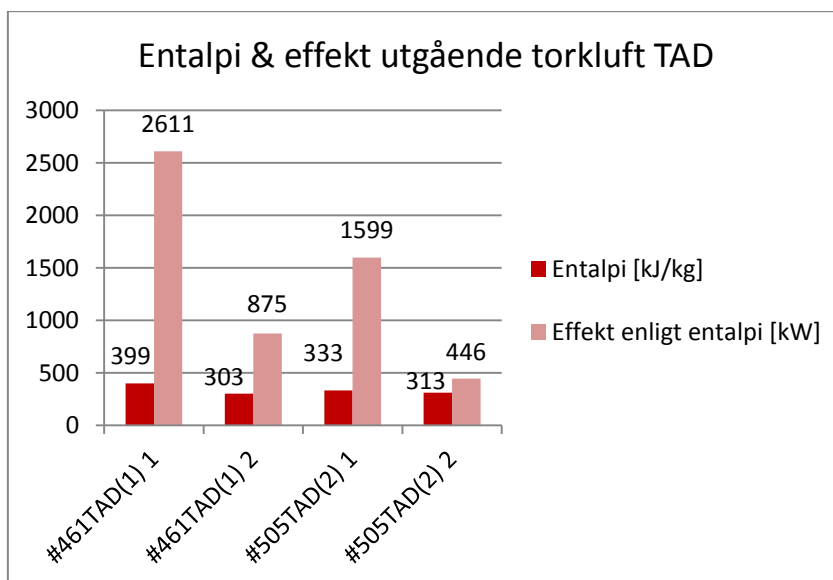


Figur 7. Entalpi och effekt utgående torkluft från Yankeeekåpan per körning.

Resultatet i figur 7 ihop med dataunderlaget i tabell 13 visar att de tre körningar med högst fukthalt och temperatur också har högst entalpi och effekt. Samma tre körningar har samtidigt de minsta luftflödena. De båda TAD-körningarna visar låga värden för entalpi och effekt från Yankeeekåpan.

Tabell 13. Data utgående torkluft från Yankeeåpan, beräknade fukthalter.

| Körning                                                                                  | #478DCT(1) | #478DCT(2) | #453NTT(1) | #453NTT(2) | #461TAD(1) | #505TAD(2) |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| $T_{\text{exhaust YH}} [^{\circ}\text{C}]$                                               | 270        | 235        | 208        | 251        | 120        | 118        |
| $x_{\text{exhaust beräknad YH}} [\text{g}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{T.L.}}]$ | 192        | 240        | 123        | 166        | 18         | 25         |
| $V_{f, \text{exhaust YH}} [\text{m}^3/\text{s}]$                                         | 2,35       | 2,11       | 2,52       | 2,36       | 2,53       | 2,92       |
| $\dot{m}_{\text{T.L. exhaust YH}} [\text{kg/s}]$                                         | 1,533      | 1,471      | 1,852      | 1,586      | 2,269      | 2,637      |
| $\dot{m}_{\text{ånga exhaust YH}} [\text{kg/s}]$                                         | 0,294      | 0,353      | 0,227      | 0,263      | 0,040      | 0,065      |



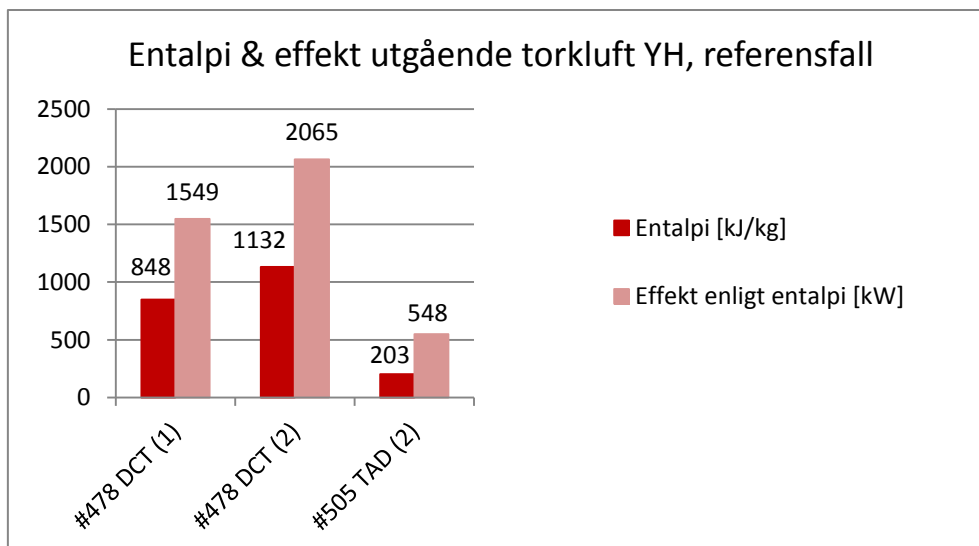
Figur 8. Entalpi och effekt utgående torkluft TAD-cylindrar per körning.

Dataunderlaget i tabell 14 visar att det är stora skillnader i luftflöde mellan körningarna men framförallt mellan TAD-cylinder 1 och 2. I figur 8 syns att både entalpi och effekt är högst från TAD-cylinder 1 där såväl fukthalt som luftflöde är högre än från TAD-cylinder 2.

Tabell 14. Data utgående torkluft TAD-cylindrar, beräknade fukthalter.

| Körning                                                                                        | #461TAD(1) | #461TAD(1) | #505TAD(2) | #505TAD(2) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| TAD-cylinder                                                                                   | 1          | 2          | 1          | 2          |
| $T_{\text{exhaust TAD}} [^{\circ}\text{C}]$                                                    | 89,1       | 98,8       | 70,0       | 75,2       |
| $x_{\text{exhaust beräknad TAD}} [\text{g}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{torr luft}}]$ | 116        | 76         | 100        | 90         |
| $V_{f, \text{exhaust TAD}} [\text{m}^3/\text{s}]$                                              | 6,02       | 2,83       | 4,24       | 1,29       |
| $\dot{m}_{\text{T.L. exhaust TAD}} [\text{kg/s}]$                                              | 5,866      | 2,683      | 4,362      | 1,307      |
| $\dot{m}_{\text{ånga exhaust TAD}} [\text{kg/s}]$                                              | 0,681      | 0,203      | 0,435      | 0,117      |

För att kontrollera modellen för beräkning av fukthalt i utgående torkluft gjordes en jämförelse med de uppmätta fukthalterna för de körningar som de loggats. Figur 9 visar entalpier och effekter i referensfallen baserade på de uppmätta fukthalterna. I tabell 15 presenteras de data som ligger till grund för kontrollberäkningarna.



Figur 9. Entalpi och effekt utgående torkluft Yankeeåpa per körning. Baserade på uppmätta fukthalter.

Figur 9 visar att entalpi och effekt i utgående torkluft är högre i två referensfall av tre, #478 DCT (2) och #505 TAD (2), jämfört med de beräknade resultaten i figur 7. De avvikande referensfallen har högre uppmätta fukthalter än de beräknade.

Tabell 15. Data för utgående torkluft, uppmätt fukthalt. Värden som avviker från de beräknade är lilamarkerade.

| Körning                                                             | #478DCT(1) | #478DCT(2)   | #505TAD(2)    |
|---------------------------------------------------------------------|------------|--------------|---------------|
| Temperatur exhaust YH [°C]                                          | 270        | 235          | 208           |
| <b>Fukthalt uppmätt YH [g<sub>H2O</sub>/kg<sub>torr luft</sub>]</b> | 192        | <b>305</b>   | <b>31</b>     |
| Luftflöde exhaust venturi YH [m <sup>3</sup> /s]                    | 2,35       | 2,11         | 2,92          |
| Massflöde torr luft exhaust venturi YH [kg/s]                       | 1,533      | 1,471        | 2,637         |
| <b>Massflöde ånga exhaust venturi YH [kg/s]</b>                     | 0,294      | <b>0,449</b> | <b>0,0817</b> |

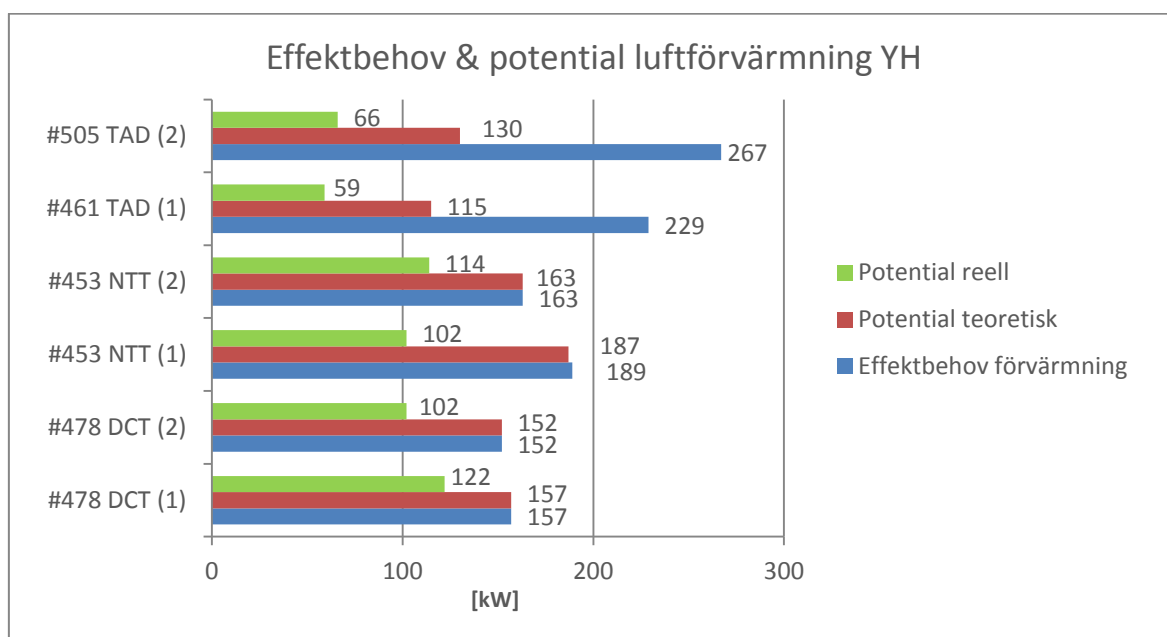
Procentuella avvikelser gällande fukthalt, entalpi och effekt mellan resultat och referensfall redovisas i tabell 16. Procentuella avvikelser för entalpi och effekt är betydande men mindre än avvikelser i fukthalt.

Tabell 16. Kvot mellan referensvärden med uppmätta fukthalter och resultat baserade på beräknade fukthalter.

| Körning                   | #478DCT(1) | #478DCT(2) | #505TAD(2) |
|---------------------------|------------|------------|------------|
| Avvikelse fukthalt YH [%] | 0 %        | +27,1 %    | +24,0 %    |
| Avvikelse entalpi YH [%]  | 0 %        | +20,3 %    | +8,6 %     |
| Avvikelse effekt YH [%]   | 0 %        | +20,3 %    | +8,6 %     |

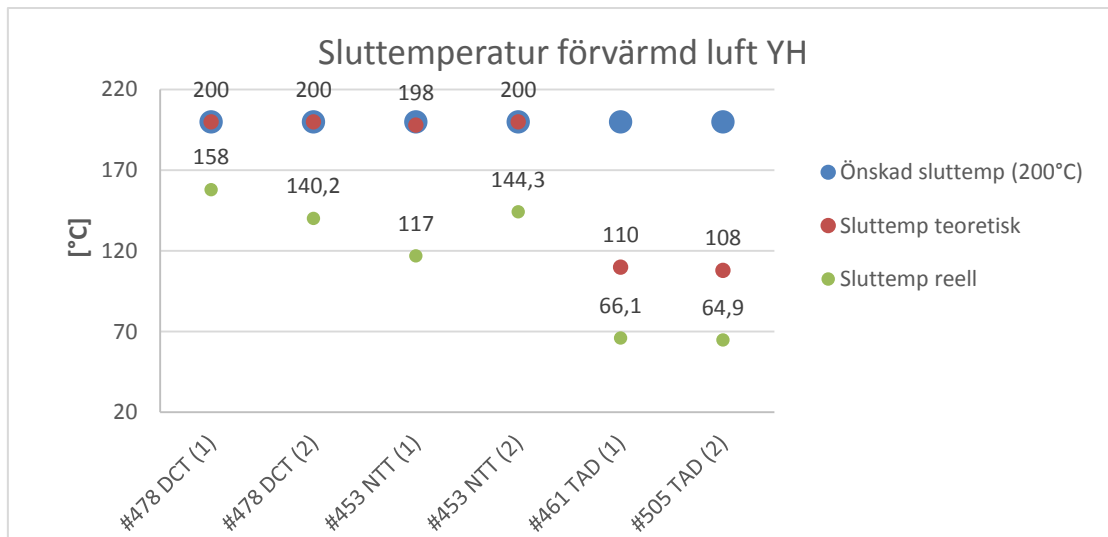
## 4.2.Förvärmning av förbränningsluft och make-up air

Effektbehov och effektpotential för luft/luftvärmväxling vid förvärmning av förbränningsluft och make-up air till Yankeeåpan presenteras i figur 10. Motsvarande resultat vid förvärmning av förbränningsluft och make-up air till TAD-cylindrarna presenteras i figur 12. Sluttemperaturer på förvärmad luft presenteras i figur 11 och 13. En tvärströmsvärmväxlare med två passeringar, CHR-HT, och total värmeöverföringsarea om 44 m<sup>2</sup> användes av Valmet S.p.A. vid simulering med befintlig produkt, se bilaga C (Saikkonen 2014). Resultaten från simulering presenteras nedan som "reell". Teoretiskt beräknade resultat presenteras som "teoretisk".



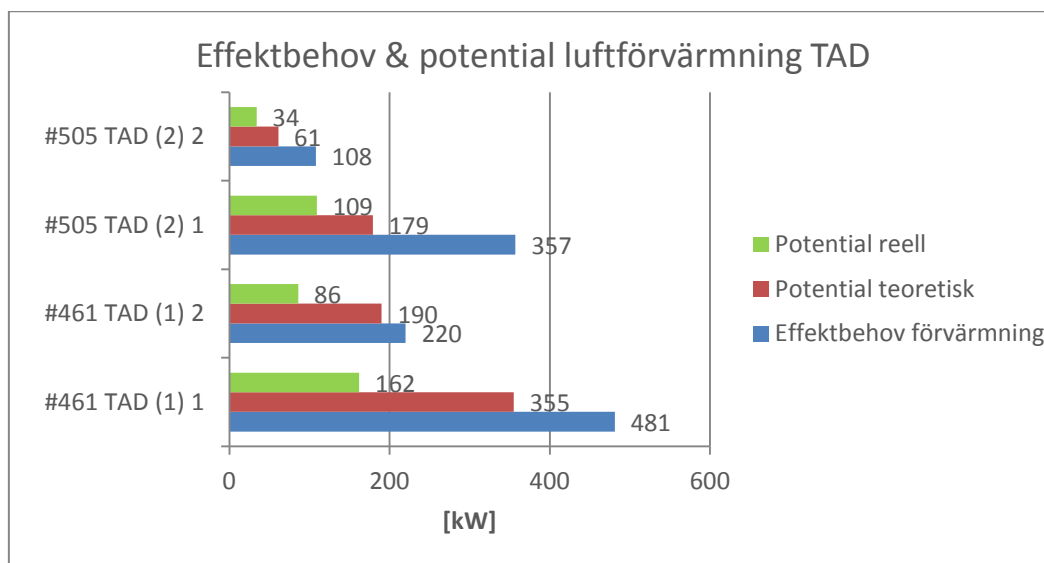
Figur 10. Effektbehov och effektpotential för förvärmning av luft till Yankeeåpan.

Resultaten i figur 10 visar att den teoretiska effektpotentialen motsvarar effektbehovet för luftförvärmning till Yankeeåpan för DCT- och NTT-körningarna men inte för TAD-körningarna. Den reella effektpotentialen är mindre än effektbehovet för samtliga körningar. Förhållandet mellan reell och teoretisk effektpotential varierar mellan körningarna.



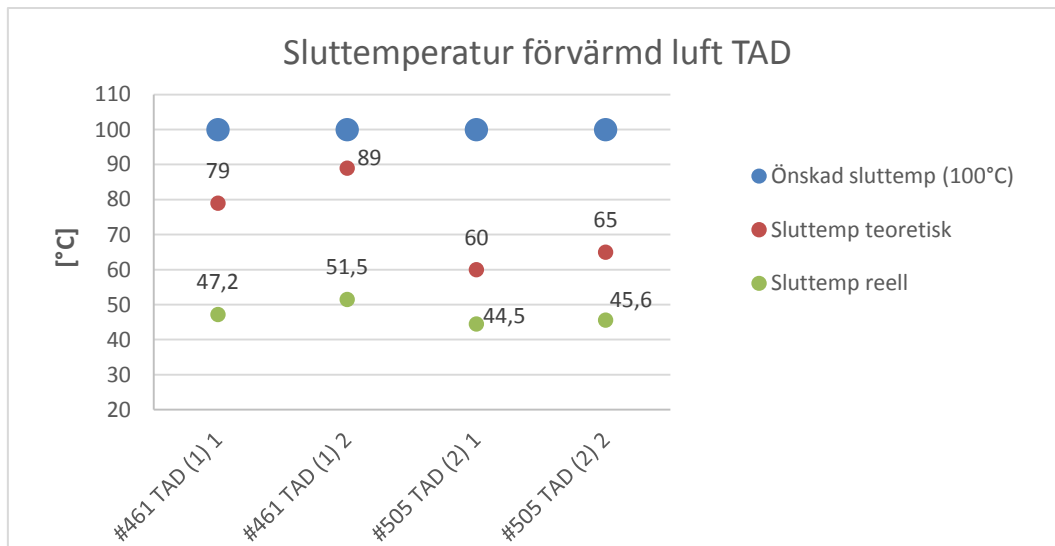
Figur 11. Sluttemperaturer på förvärmad luft efter värmeväxling med torkluft från Yankeeåpan.

Analogt med resultaten i figur 10 visar figur 11 att önskad sluttemperatur endast uppnås i de teoretiska resultaten för DCT- och NTT-körningarna men inte för TAD-körningarna. I de reella resultaten uppnås inte de önskade sluttemperaturerna i något fall.



Figur 12. Effektbehov och effektpotential för förvärmning av luft till TAD-cylindrarna.

Figur 12 visar att varken teoretiska eller reella resultat för effektpotential motsvarar effektbehovet för luftförvärmning till någon av TAD-cylindrarna för någon körning. Den reella effektpotentialen är lägre än den teoretiska i samtliga fall. De stora effektbehoven i #461 TAD (1) 1 och #505 TAD (2) 1 beror på de mycket stora luftflödena som ska förvärmas till den första TAD-cylindern, se tabell 11.

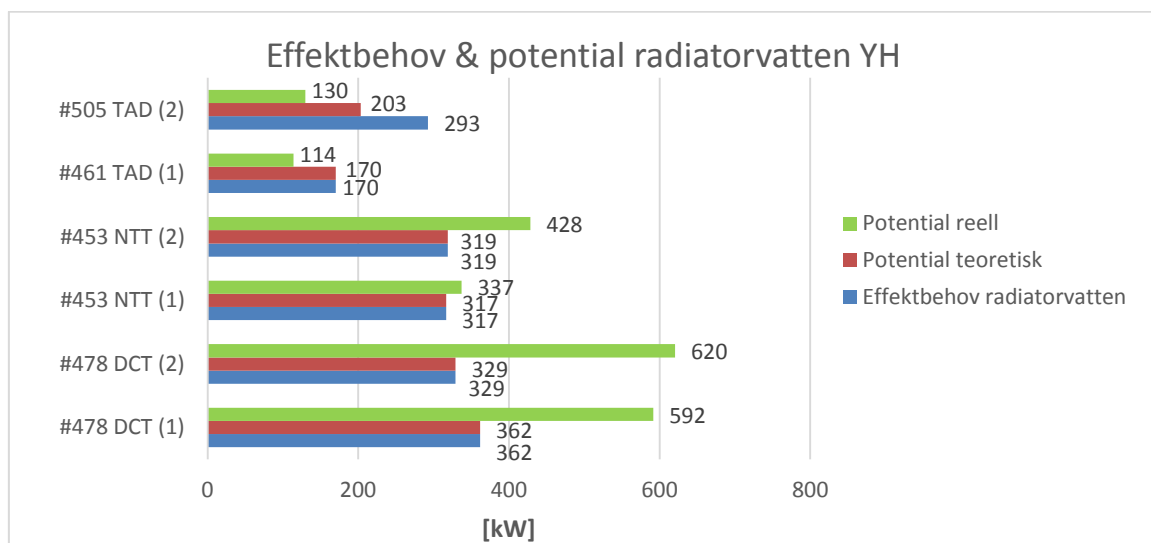


Figur 13. Sluttemperaturer på förvärmad luft efter värmeväxling med torkluft från TAD-cylindrarna.

Sluttemperaturerna i figur 13 visar att de uppnådda temperaturerna inte motsvarar de önskade i något fall vid luftförvärmning till TAD-cylindrarna.

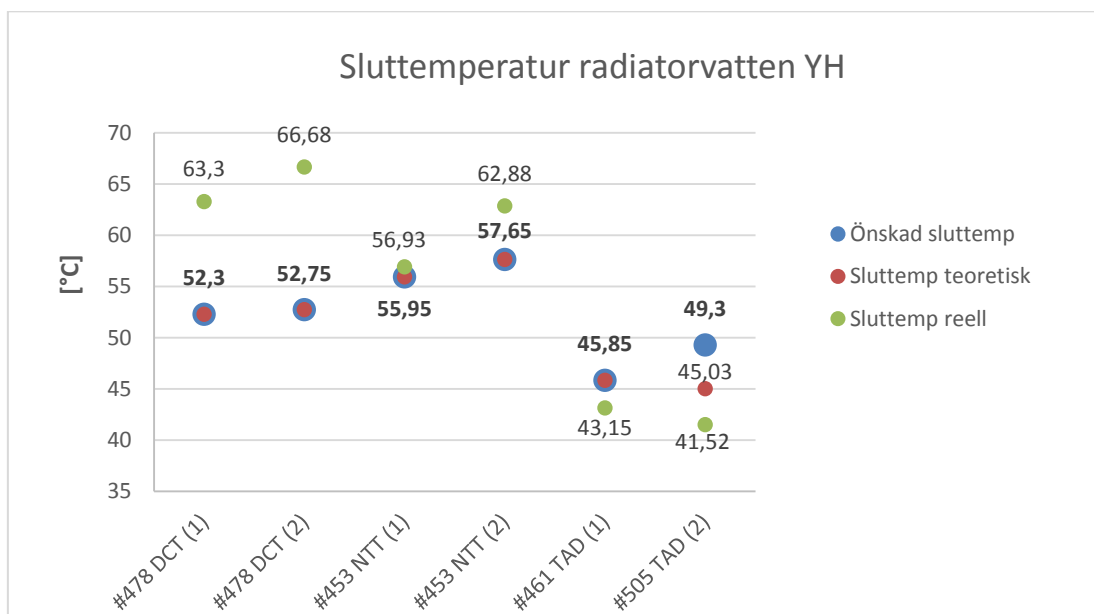
#### 4.3. Uppvärmning av radiatorvattnet i byggnaden

Effektbehov och effektpotential för luft/vattenvärmeväxling mot radiatorvattnet i byggnadens uppvärmningssystem redovisas för samtliga körfall i figur 14 och 16. Sluttemperaturer på det uppvärmda radiatorvattnet presenteras i figur 15 och 17. Tre stycken värmeväxlare av modell Cross 30-C-140 i ett gemensamt hus med total värmeöverföringsarea om 12,91 m<sup>2</sup> användes av Airec vid simulering med befintlig produkt, se bilaga D (Blücher 2014). Resultaten från simuleringar presenteras nedan som "reell". Teoretiskt beräknade resultat presenteras som "teoretisk".



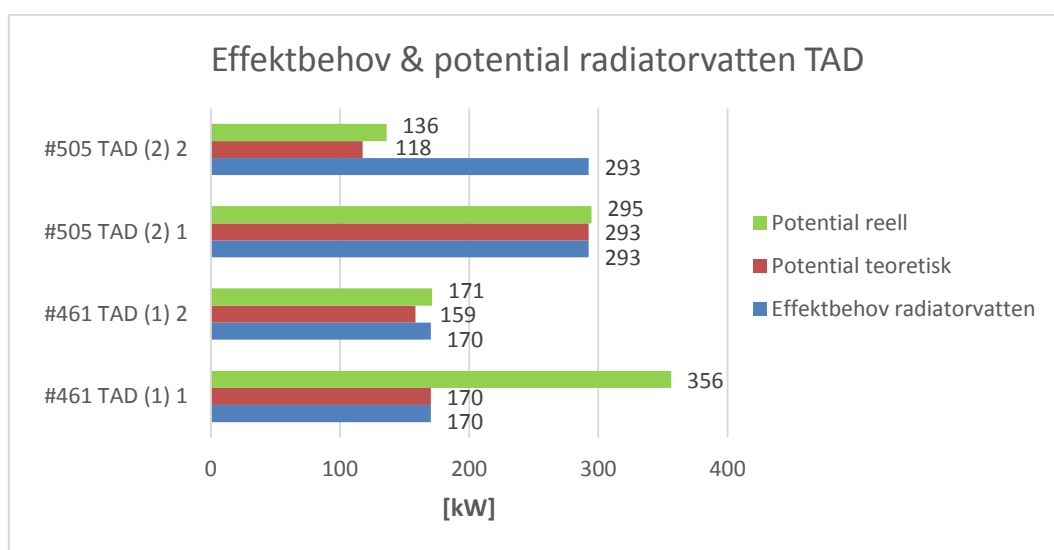
Figur 14. Effektbehov och effektpotential vid uppvärmning av radiatorvattnet med torkluften från Yankeeåpan.

Den teoretiska effektpotentialen hos torkluften från Yankeeekåpan motsvarar effektbehovet för uppvärmning av radiatorvattnet i samtliga fall utom #505 TAD (2), enligt figur 14. Den reella effektpotentialen är större än effektbehovet för alla DCT- och NTT-körningar men lägre för båda TAD-körningarna.



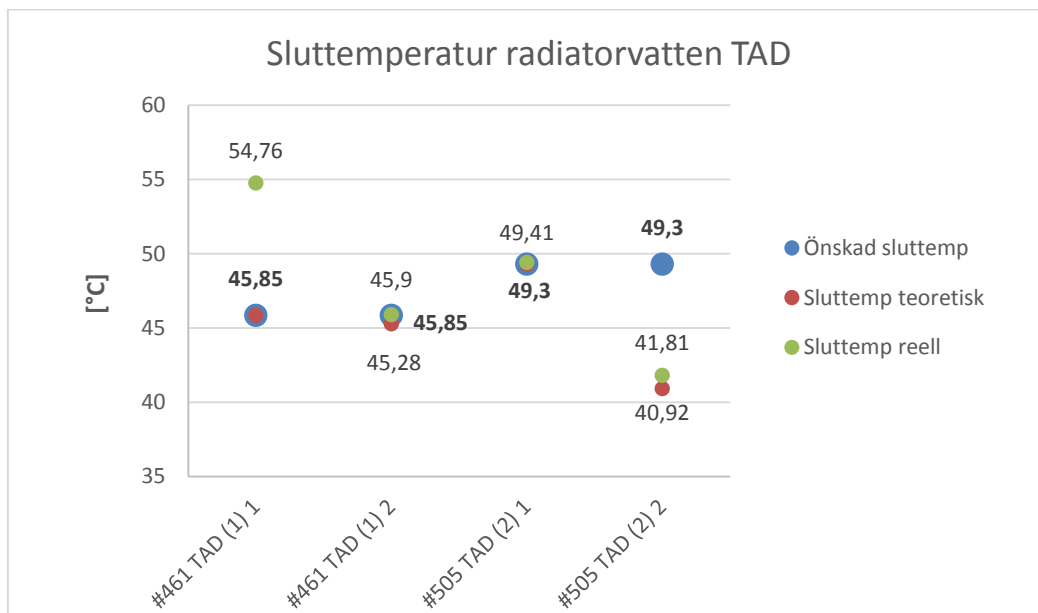
Figur 15. Sluttemperaturer på radiatorvattnet efter värmeväxling med torkluft från Yankeeekåpan.

Figur 15 visar att den större reella effektpotentialen i DCT- och NTT-körningarna resulterar i högre sluttemperaturer på radiatorvattnet än de önskade, för TAD-körningarna något lägre än de önskade. De teoretiskt beräknade sluttemperaturerna motsvarar de önskade för alla körningar utom #505 TAD (2).



Figur 16. Effektbehov och effektpotential vid uppvärmning av radiatorvattnet med torkluften från TAD-cylindrarna.

Den teoretiska effektpotentialen hos torkluften från TAD-cylinder 1 motsvarar effektbehovet för uppvärmning av radiatorvattnet för båda körningarna, enligt figur 16. Den reella effektpotentialen från TAD-cylinder 1 är större än effektbehovet framförallt i #461 TAD (1). I stort sett är det bara effektpotentialen från TAD-cylinder 2 i #505 TAD (2) som inte motsvarar effektbehovet i varken det teoretiska eller reella fallet.



Figur 17. Sluttemperaturer på radiatorvattnet efter värmeväxling med torkluft från TAD-cylindrarna.

I figur 17 framgår att det i stort sett bara är vid värmeväxling från TAD-cylinder 2 i #505 TAD (2) som den önskade sluttemperaturen inte uppnås. I det reella fallet överstiger den uppnådda sluttemperaturen de önskade då effektpotentialen är större än behovet.

#### 4.4. Effekttoppar för fjärrvärmeanvändning

I tabell 17 nedan visas de fyra datum med högst dygnsmedeleffekt för fjärrvärmeanvändningen under 2012 respektive 2013 i den aktuella byggnaden. Rådande utetemperatur samt aktivitet i maskinhallen redovisas för respektive datum. De absolut högsta dygnsmedeleffekterna för både 2012 och 2013 har gemensamt att utetemperaturen var låg och att pilotmaskinen kördes men utan att Yankeeekåpan användes.

**Tabell 17. Effekttoppar fjärrvärme 2012 och 2013.**

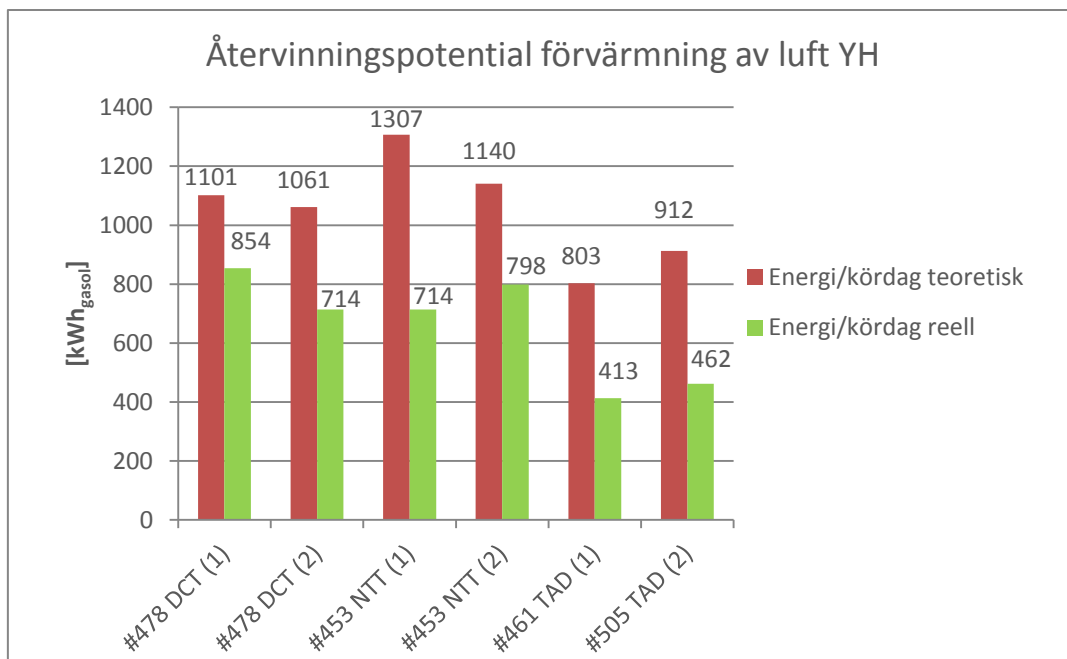
| Datum      | Dygnsmedeleffekt [kW] | Utetemperatur [°C] | Aktivitet maskinhall                                              |
|------------|-----------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 2013-01-22 | 1177,08               | -12,7              | Testkörning turbin, utan Yankeeekåpa                              |
| 2013-04-10 | 789,58                | -0,1               | Normal kördag DCT, med Yankeeekåpa                                |
| 2013-01-23 | 515,00                | -15,2              | Testkörning turbin, utan Yankeeekåpa                              |
| 2013-02-20 | 475,00                | -3,6               | Testkörning turbin, utan Yankeeekåpa                              |
| 2012-12-03 | 806,62                | -14,1              | Testkörning, utan Yankeeekåpa                                     |
| 2012-10-25 | 735,00                | +2,0               | Normal kördag TAD, låg temperatur på torkluften från Yankeeekåpan |
| 2012-10-23 | 678,33                | +3,9               | Normal kördag TAD, låg temperatur på torkluften från Yankeeekåpan |
| 2012-10-26 | 627,92                | +1,1               | Ingen körning/registrerad aktivitet                               |

#### 4.5. Ånggenerering med Waste Heat Steam Generator

Resultaten från simulering av ånggenerering med Waste Heat Steam generator visar att temperaturerna och effekterna i utgående torkluft från pilotmaskinen är för låga för att generera ånga av rätt kvalitet. Ångan ska för att vara användbar produceras med 4-8 bars övertryck och som mest kunde ånga i liten kvantitet produceras vid 4 bars övertryck. Körningarna #478 DCT (1), #478 DCT (2) och #451 NTT (2) genererade torkluft från Yankeeekåpan som räckte till för att producera 300, 210 samt 250 kg<sub>ånga</sub>/h.

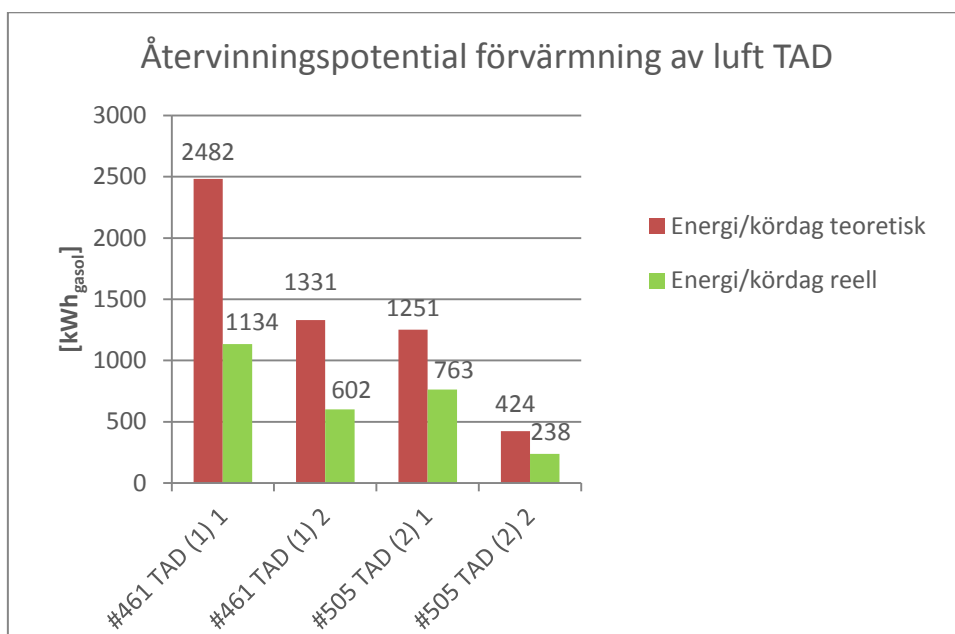
#### 4.6. Återvinningspotential och sparad energimängd för respektive avsättningsalternativ

Figur 18 visar sparad energimängd i form av gasol per kördag för respektive koncept vid luft/luftvärmewäxling från Yankeeekåpan, med teoretisk respektive reell återvinningspotential. Motsvarande resultat vid luft/luftvärmewäxling från TAD-cylindrarna visas i figur 19. Sparad gasolmängd per dag via förvärmning av luft till Yankeeekåpa och TAD visas i figur 20 och 21.



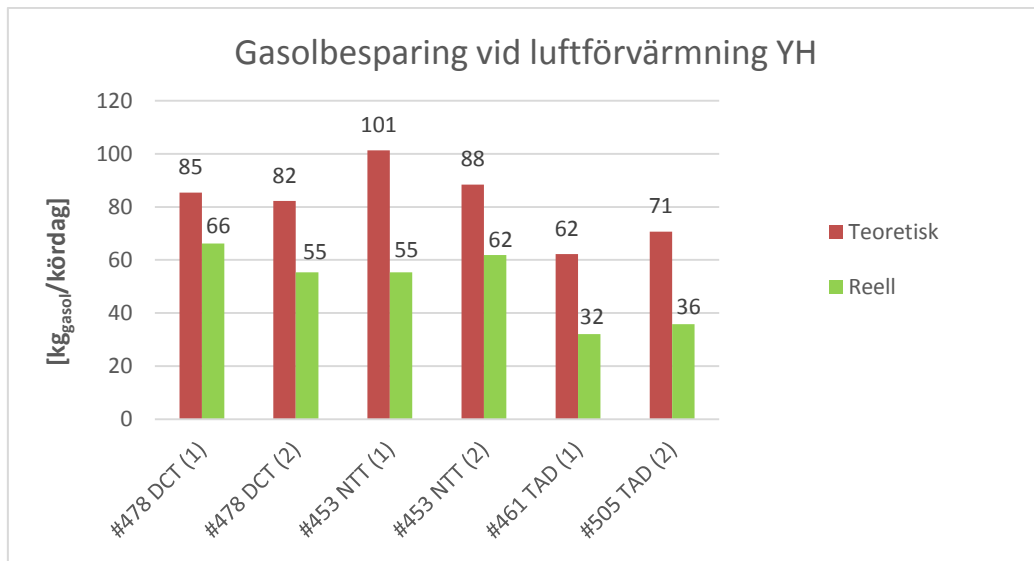
**Figur 18. Daglig energibesparing vid förvärmning av luft till Yankeekåpan.**

I figur 18 syns att den reella återvinningspotentialen för luftförvärmning i Yankeekåpan är lägre än den teoretiska för samtliga körningar. Förhållandet mellan reell och teoretisk återvinningspotential varierar mellan körningarna.



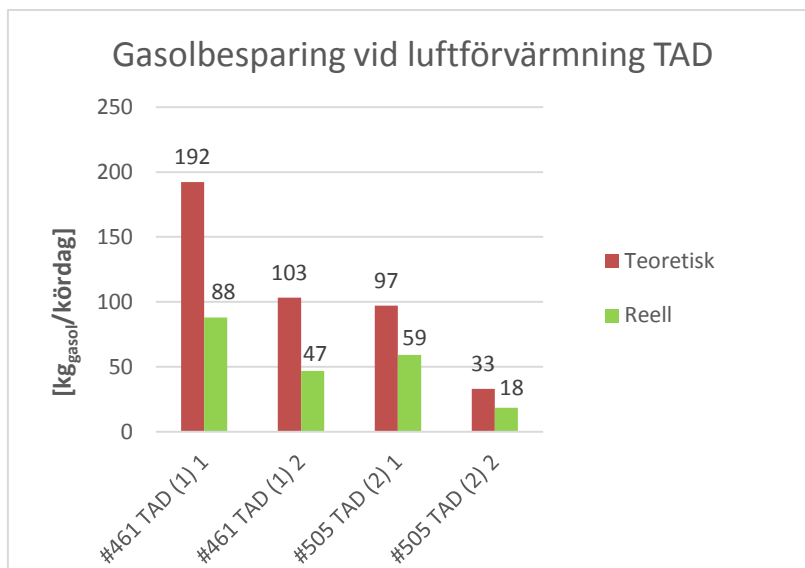
**Figur 19. Daglig energibesparing vid förvärmning av luft till TAD-cylinderna.**

Från figur 19 kan utläsas att den reella återvinningspotentialen för luftförvärmning i TAD-cylindrarna är cirka hälften av den teoretiska i samtliga fall.



Figur 20. Sparad gasolmängd vid förvärmning av luft till Yankeeåpan.

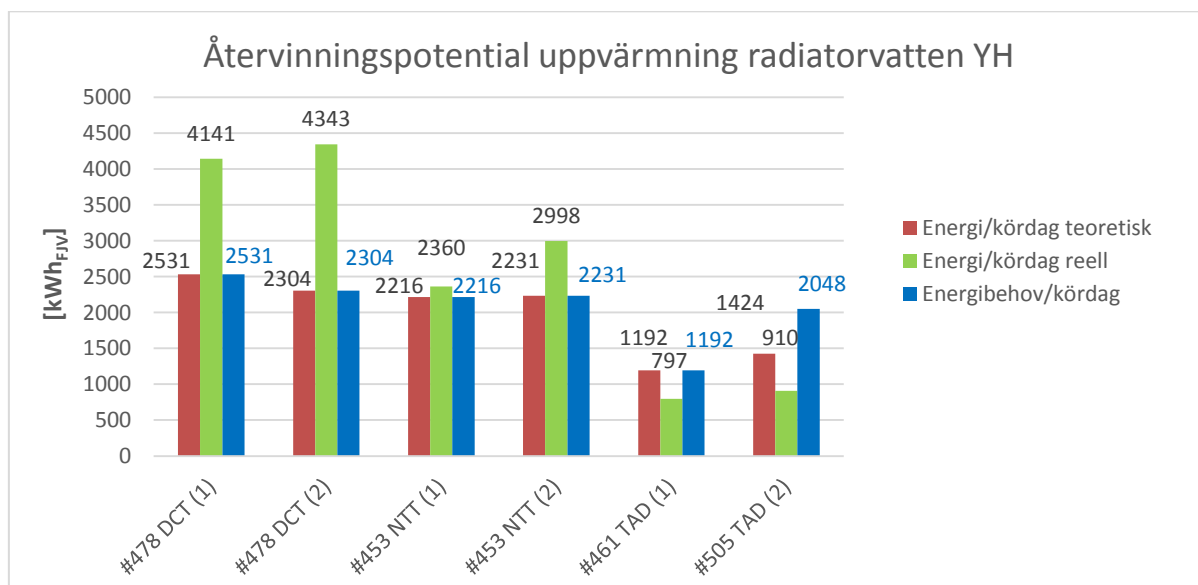
Sparad gasolmängd vid luftförvärmning i Yankeeåpan enligt figur 20 står i direkt proportion till återvinningspotentialen i figur 18.



Figur 21. Sparad gasolmängd vid förvärmning av luft till TAD-cylindrarna.

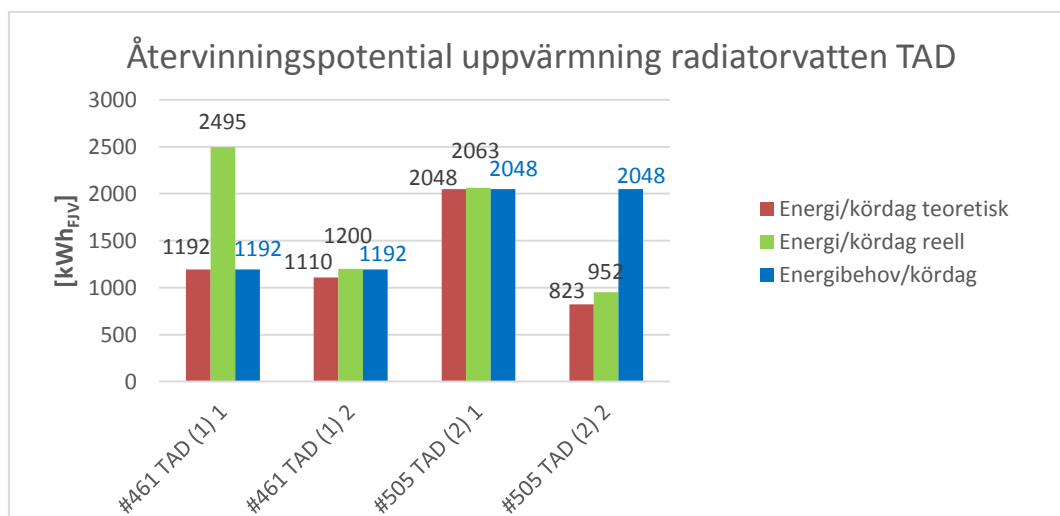
Sparad gasolmängd vid luftförvärmning i TAD-cylindrarna enligt figur 20 står i direkt proportion till återvinningspotentialen i figur 19.

Figur 22 visar sparad energimängd i form av fjärrvärme per kördag för respektive koncept vid luft/vattenvärmeväxling från Yankeeåpan, med teoretisk respektive reell återvinningspotential. Figur 23 visar motsvarande resultat vid luft/vattenvärmeväxling från TAD-cylindrarna. Energiförbehovet utgör maximal besparing i de fall återvinningspotentialen är högre.



Figur 22. Daglig energibesparing vid uppvärmning av radiatorvattnet med torkluft från Yankeeåpan.

Både teoretisk och reell återvinningspotential vid uppvärmning av radiatorvattnet med torkluften från Yankeeåpan motsvarar hela uppvärmningsbehovet under körning vid samtliga DCT- och NTT-körningar, enligt figur 22. Vid båda TAD-körningarna är den reella återvinningspotentialen mindre än uppvärmningsbehovet.



Figur 23. Daglig energibesparing vid uppvärmning av radiatorvattnet med torkluft från TAD-cylindrarna.

Vid uppvärmning av radiatorvattnet med torkluft från TAD-cylinder 1 motsvarar både teoretisk och reell återvinningspotential hela uppvärmningsbehovet för båda TAD-körningarna, enligt figur 23. Främst är det återvinningspotentialen från TAD-cylinder 2 i körning #505 TAD (2) som inte räcker för att möta uppvärmningsbehovet.

## 4.7. Ekonomisk besparing

Den dagliga ekonomiska besparingen för respektive avsättningsalternativ, körfall och torkparti visas i tabell 18 och 19. Genomsnittlig besparing per dag och koncept syns i tabell 20. Minskade energikostnader per år (a) med 85 kördagar fördelade som 30 dagar TAD, 30 dagar NTT och 25 dagar DCT redovisas i tabell 21.

Tabell 18. Ekonomisk besparing vid värmeåtervinning från Yankeekåpan.

| YH                        | Luftförvärmning<br>YH | Uppvärmning<br>radiatorvatten | Luftförvärmning<br>YH | Uppvärmning<br>radiatorvatten |
|---------------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Körning                   | Teoretisk             | Teoretisk                     | Reell                 | Reell                         |
| #478 DCT (1) [SEK/kördag] | 854                   | 1050                          | 662                   | 1050                          |
| #478 DCT (2) [SEK/kördag] | 823                   | 956                           | 553                   | 956                           |
| #453 NTT (1) [SEK/kördag] | 1013                  | 920                           | 553                   | 920                           |
| #453 NTT (2) [SEK/kördag] | 884                   | 926                           | 619                   | 926                           |
| #461 TAD (1) [SEK/kördag] | 622                   | 495                           | 320                   | 331                           |
| #505 TAD (2) [SEK/kördag] | 707                   | 591                           | 358                   | 378                           |

Den dagliga ekonomiska besparingen till följd av värmeåtervinning från Yankeekåpan som syns i tabell 18 visar att uppvärmning av radiatorvatten ger en större besparing än luftförvärmning för de flesta körfall. I de reella resultaten är skillnaden större än i de teoretiskt beräknade. Minst skillnad i besparing mellan avsättningsalternativen är det för TAD-körningarna.

Tabell 19. Ekonomisk besparing vid värmeåtervinning från TAD-cylindrarna.

| TAD                         | Luftförvärmning<br>TAD-cylinder | Uppvärmning<br>radiatorvatten | Luftförvärmning<br>TAD-cylinder | Uppvärmning<br>radiatorvatten |
|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Körning/cylinder            | Teoretisk                       | Teoretisk                     | Reell                           | Reell                         |
| #461 TAD (1) 1 [SEK/kördag] | 1924                            | 495                           | 879                             | 495                           |
| #461 TAD (1) 2 [SEK/kördag] | 1032                            | 460                           | 467                             | 495                           |
| #505 TAD (2) 1 [SEK/kördag] | 970                             | 850                           | 591                             | 850                           |
| #505 TAD (2) 2 [SEK/kördag] | 329                             | 341                           | 184                             | 395                           |

Tabell 19 visar att luftförvärmning innebär den största dagliga besparingen i de teoretiska resultaten vid värmeåtervinning från TAD-cylindrarna. Vilket avsättningsalternativ som ger störst daglig besparing i de reella resultaten varierar mer mellan körningarna.

**Tabell 20. Genomsnittlig ekonomisk besparing per koncept och torkparti.**

| Koncept & Torkparti*   | Luftfövärmning | Uppvärmning radiatorvatten | Luftfövärmning | Uppvärmning radiatorvatten |
|------------------------|----------------|----------------------------|----------------|----------------------------|
| <b>*YH:</b>            | Teoretisk      | Teoretisk                  | Reell          | Reell                      |
| DCT [SEK/kördag]       | 839            | 1003                       | 608            | 1003                       |
| NTT [SEK/kördag]       | 949            | 923                        | 586            | 923                        |
| TAD [SEK/kördag]       | 665            | 543                        | 339            | 355                        |
| <b>*TAD-cylindrar:</b> | Teoretisk      | Teoretisk                  | Reell          | Reell                      |
| TAD 1 [SEK/kördag]     | 1447           | 673                        | 735            | 673                        |
| TAD 2 [SEK/kördag]     | 681            | 401                        | 326            | 445                        |

När de dagliga besparingarna från respektive körning och torkparti slås samman till en genomsnittlig besparing i tabell 20, utifrån koncept och torkparti, syns skillnader mellan teoretiska och reella resultat. Enligt de teoretiska resultaten är skillnaden i besparing mellan avsättningsalternativen liten för alla koncept vid värmeåtervinning från Yankeekåpan. Vid värmeåtervinning från TAD-cylindrarna innebär luftfövärmning däremot den största besparing. Enligt de reella resultaten är uppvärmning av radiatorvatten det som innebär den största besparing för alla koncept vid värmeåtervinning från Yankeekåpan. Vid värmeåtervinning från TAD-cylindrarna är skillnaden i besparing mellan avsättningsalternativen dock liten.

**Tabell 21. Årlig minskning av energikostnader för gasol respektive fjärrvärme vid värmeåtervinning.**

| Kostnadsbesparing (a) | Luftfövärmning | Uppvärmning radiatorvatten | Luftfövärmning | Uppvärmning radiatorvatten |
|-----------------------|----------------|----------------------------|----------------|----------------------------|
| <b>Torkparti</b>      | Teoretisk      | Teoretisk                  | Reell          | Reell                      |
| YH [SEK/år]           | 69395          | 69055                      | 42950          | 63415                      |
| TAD 1 [SEK/år]        | 43410          | 20190                      | 22050          | 20190                      |
| TAD 2 [SEK/år]        | 20430          | 12030                      | 9780           | 13350                      |

När daglig besparing för respektive koncept och torkparti vägs samman till en årlig besparing per torkparti i tabell 21, kan utläsas att värmeväxling från Yankeekåpan innebär störst besparing oavsett avsättningsalternativ. Teoretisk besparing är lika stor för luftfövärmning och uppvärmning av radiatorvatten vid värmeväxling från Yankeekåpan. I det reella fallet är besparing vid uppvärmning av radiatorvatten cirka 50 procent större än vid luftfövärmning. Vid värmeväxling från TAD-cylinder 1 innebär luftfövärmning drygt 50 procent större besparing än uppvärmning av radiatorvatten i det teoretiska fallet. I det reella fallet är den årliga besparing ungefär lika för båda avsättningsalternativen. Vid värmeväxling från TAD-cylinder 2 är förhållandet mellan avsättningsalternativen för både teoretiskt och reellt fall samma som för TAD 1, dock med ungefär hälften så stor årlig besparing i det reella fallet.

## 4.8. Payback

Investeringskostnader fördelade mellan inköp och installation för luft/luft- respektive luft/vattenvärmeväxlare redovisas i tabell 22. Investeringskostnaden för värmeväxlare inklusive installation visas per torkparti i tabell 23. Beräknade investeringskostnader i SEK baseras på växelkursen 6,5295 SEK/USD. Paybacktid för investering i värmeväxlare visas per torkparti i tabell 24.

**Tabell 22. Investeringskostnad fördelad på inköp och installation.**

| Investeringskostnad VVX                                | Inköp            | Installation | Totalt |
|--------------------------------------------------------|------------------|--------------|--------|
| Luft/luft (teoretisk, 44m <sup>2</sup> ) [SEK]         | 57376            | 107689       | 165065 |
| Luft/luft (reell, 44m <sup>2</sup> ) [SEK]             | 2000             | 107689       | 109689 |
| Luft/vatten (3xVVX + hus, 12,91 m <sup>2</sup> ) [SEK] | 3 x 9075 + 70000 | 182484       | 279709 |

Både inköp och installation är dyrare för en luft/vattenvärmeväxlare än en luft/luftvärmeväxlare, enligt tabell 22. Anledningen till att teoretisk och reell inköpskostnad för luft/luftvärmeväxlare skiljer sig åt är att i det reella fallet behöver Valmet Tissue Technology Center endast betala för frakt och installation. Detta då den aktuella värmeväxlaren redan finns inom Valmets ägo men inte kan säljas externt på grund av att den ingår i ett utvecklingsprojekt finansierat av EU. Fraktkostnaden antas till 2000 SEK och installationskostnaden beräknas enligt (19) baserat på priset för en värmeväxlare med samma area. I det teoretiska fallet är hela investeringskostnaden beräknad efter värmeväxlararean, 44 m<sup>2</sup>, då en motsvarande värmeväxlare på marknaden inte kan antas fås till endast fraktkostnad.

**Tabell 23. Investeringskostnad för respektive avsättningsalternativ, teoretisk och reell.**

| Investeringskostnad (C <sub>tot 2014</sub> ) | Luftfövärmning | Uppvärmning radiatorvatten | Luftfövärmning | Uppvärmning radiatorvatten |
|----------------------------------------------|----------------|----------------------------|----------------|----------------------------|
| Torkparti                                    | Teoretisk      | Teoretisk                  | Reell          | Reell                      |
| YH [SEK]                                     | 165065         | 279709                     | 109689         | 279709                     |
| TAD 1 [SEK]                                  | 165065         | 279709                     | 109689         | 279709                     |
| TAD 2 [SEK]                                  | 165065         | 279709                     | 109689         | 279709                     |

Skillnaden i investeringskostnad mellan luft/luft- och luft/vattenvärmeväxlare är större i det reella fallet än i det teoretiska, 170 020 SEK jämfört med 114 644 SEK, som framgår i tabell 23. Det beror på att inköpskostnaden för luft/luftvärmeväxlaren i det reella fallet inte är marknadsmässig utan endast utgörs av fraktkostnad.

**Tabell 24. Återbetalningstid för respektive avsättningsalternativ.**

| Paybacktid (PB) | Luftfövärmning | Uppvärmning radiatorvatten | Luftfövärmning | Uppvärmning radiatorvatten |
|-----------------|----------------|----------------------------|----------------|----------------------------|
| Torkparti       | Teoretisk      | Teoretisk                  | Reell          | Reell                      |
| YH [år]         | 2,38           | 4,05                       | 2,55           | 4,41                       |
| TAD 1 [år]      | 3,80           | 13,85                      | 4,97           | 13,85                      |
| TAD 2 [år]      | 8,08           | 23,25                      | 11,22          | 20,95                      |

Tabell 24 visar att en investering i luftfövärmning i Yankeeåpan har den kortaste paybacktiden, både i det teoretiska fallet och i det reella. I samtliga torkpartier innebär luftfövärmning en kortare paybacktid än uppvärmning av radiatorvatten.

## 5. Diskussion

### 5.1. Entalpi och effekt

Resultaten visar att luftflödet från Yankeeekåpan vid DCT- och NTT-körning har högre entalpi än vid TAD-körning på grund av högre temperatur och fukthalt. Detta beror på att pappret vid TAD-körning har en betydligt högre torrhalt när det når Yankee och Yankeeekåpa. Även vid jämförelse mellan luftflödet från Yankeeekåpan vid DCT- och NTT-körning och luftflödena från TAD-cylindrarna vid TAD-körning, visar resultaten att luftflödet från Yankeeekåpan har högre entalpi. Detta beror dels på att massflödena från TAD-cylindrarna är oftast är betydligt större än från Yankeeekåpan, vilket ger en utspädnings effekt på fukthalten, och dels på att temperaturen på torkluften i TAD-cylindrarna inte får överstiga 100°C när det passerar genom pappersbanan då det kan skada pappret (Johansson 2014). Högre starttemperatur på värmeavgivande fluid vid värmeväxling innebär att värmeupptagande fluid kan värmas till en högre sluttemperatur, vilket kan vara önskvärt vid förvärmning av förbränningsluft och make-up air. Högre fukthalt innebär att mättnadstemperaturen för luften höjs och mer ånga kondenserar, vilket har stor inverkan för överförd effekt vid värmeväxling (Cengel & Ghajar 2011). Högre entalpi i värmeavgivande fluid innebär att ett mindre massflöde kan överföra samma effekt som ett större massflöde med lägre entalpi. Att värmeväxla mindre mass- och volymflöden är önskvärt då tryckfallet i värmeväxlaren blir lägre och dimensioner på utrustningen kan göras mindre, vilket innebär lägre kostnader (Saikkonen 2014) (Blücher 2014). De höga effekterna i flödet från TAD-cylindrarna kan dock generera betydande energibesparingar om sluttemperaturen på värmeupptagande fluid inte behöver vara så hög.

Vid jämförelse mellan beräknade och uppmätta fukthalter i körningarna #478 DCT (1), #478 DCT (2) och #505 TAD (2) syns att de beräknade fukthalterna avviker från de uppmätta i två fall av tre. Anledningen till detta är okänd men avvikelserna kan tyda på brister i modellen, felaktiga indata vid beräkning eller en missvisande fuktmätare. Modellen har använts för att beräkna fukthalterna för samtliga körningar för att resultaten ska vara jämförbara. Om fuktmätaren är rättvisande tyder beräkningen av entalpi och effekt med uppmätta fukthalter på att återvinningspotentialen vid värmeväxling från pilotmaskinen kan vara högre än vad resultaten i den här undersökningen visar.

### 5.2. Avsättningsalternativ, effektpotential och effektbehov

I resultaten syns att den teoretiska effektpotentialen i torkluften från Yankeeekåpan är nog hög för att nå önskad sluttemperatur vid förvärmning av förbränningsluft och make-up air vid DCT- och NTT-körning men inte vid TAD-körning. I det verkliga fallet innebär dock begränsningar i värmeväxlarnas utformning och area att effektpotentialen inte är nog hög i något fall. Dock är den reella värmeväxlaren, CHR-HT, som använts vid simuleringen av förvärmning av förbränningsluft och make-up air inte optimerad för just pilotmaskinen och dess torkluftsflöde. Det kan innebära att det finns andra värmeväxlare på marknaden som kan överföra högre effekt. Enligt Saikkonen, O. (2014) passar CHR-HT relativt bra för värmeväxling av luftflödet från Yankeeekåpan men sämre för flödena från TAD-cylindrarna. Detta eftersom värmeväxlaren är för liten för dessa flöden och tryckfallen därför blir för stora.

Effektpotentialen för uppvärmning av radiatorvattnet i byggnadens uppvärmningssystem motsvarar enligt resultaten i stort sett effektbehoven både vid teoretisk beräkning och i det verkliga fallet för alla körningar utom #505 TAD (2) och dess flöden från Yankeeekåpan och TAD-cylinder 2. Att effektpotentialen i vissa fall är högre vid simulering med den reella värmeväxlaren, 3 x Cross 30-C-140, beror på lokal kondensering som uppstår i värmeväxlaren, vilket inte existerar i de teoretiska beräkningarna. Av samma anledning som i fallet med luftförvärmning menar Blücher, J. (2014) att den föreslagna reella värmeväxlaren, 3 x Cross 30-C-140, passar bra för luftflödet från Yankeeekåpan men sämre från flödena från TAD-cylindrarna. För att inte få för stora tryckfall vid värmeväxling av flödena från TAD-cylindrarna skulle storleken på växlaren kunna utökas genom att använda fler moduler och ett större värmeväxlarhus. Det skulle dock innebära en större investeringskostnad.

### **5.3. Effekttoppar för fjärrvärmeanvändning**

En samkörning av datum med de högsta dygnsmedeleffekterna för fjärrvärme med verksamhet i maskinhallen visar ett samband dem emellan. När maskinen körs är fjärrvärmeeffekten hög oavsett om papper produceras eller inte. En lägre utetemperatur verkar också innebära att fjärrvärmeeffekten är högre även om dess betydelse ser ut att vara underordnad om maskinen körs eller inte. Den allra högsta dygnsmedeleffekten uppmättes en dag med låg utetemperatur när maskinen kördes i testsyfte utan att papper producerades, vilket innebär att varken TAD-cylindrar eller Yankeeekåpa användes. Det beror på att fler ventilationsfläktar automatiskt går igång när maskinens formeringvals körs men att ingen värme tillförs lokalen från torkpartierna (Lindgren, A. 2014). När torkpartierna inte används finns heller ingen spillvärme finns att tillgå för att minska fjärrvärmeeffekten genom värmeväxling. Då ett utökat ventilationsbehov troligen inte föreligger när inte papper produceras skulle de extra ventilationsfläktarna kunna stängas av manuellt vid liknande körningar, för att därmed sänka fjärrvärmeeffekten. De dagar som maskinen körs och papper produceras kan fjärrvärmeeffekten däremot sänkas genom värmeväxling till radiatorvattnet. Hur stor en kostnadsbesparing skulle bli till följd av sänkta effekttoppar för fjärrvärmens bör utredas ytterligare.

### **5.4. Waste Heat Steam Generator**

Ingen energimässig eller ekonomisk utvärdering av ånggenerering med Waste Heat Steam Generator gjordes då värdena för torkluften från pilotmaskinens torkpartier inte räckte för att producera ånga av rätt kvalitet.

### **5.5. Energibesparing**

Störst energibesparing uppnås genom värmeväxling mot radiatorvattnet. Vid förvärmning av förbränningsluft och make-up air är dock den sparade energin fossil gasol, vilket ur ett miljöperspektiv är att föredra.

## 5.6. Ekonomisk besparing och payback

Oavsett avsättningsalternativ kan konstateras att värmeåtervinning från Yankeeåpan är mer lönsamt än från TAD-cylindrarna. En uppenbar anledning är att alla koncept genererar spillvärme från Yankeeåpan medan TAD-cylindrarna bara genererar spillvärme vid TAD-körning. En ytterligare anledning är att de stora luftflödena från TAD-cylindrarna har lägre entalpi samt orsakar större tryckfall vid värmeväxling. För att minska tryckfallen skulle större värmeväxlare behövas, vilket skulle innebära en högre investeringskostnad. Utifrån årlig besparing samt investeringskostnad för de olika avsättningsalternativen har en investering i förvärmning av förbränningsluft och make-up air den kortaste återbetalningstiden, vilket var det lönsamhetsmått Valmet önskade se i resultatet. Att uppvärmning av radiatorvattnet innebär en större årlig kostnadsbesparing kan dock innebära att det är mer lönsamt på längre sikt beroende på bland annat ränteläge och prisutveckling på energi. Storleken på investeringskostnaden bör dock utredas mer noggrant avseende installationskostnader och kringutrustning såsom fläktar, fläktmotorer, pumpar med mera. En analys av framtida prisutveckling på energi bör också göras.

## 5.7. Begränsningar

Vid förvärmning av förbränningsluft och make-up air bör det utredas om berörda fläktar och fläktmotorer klarar av att leverera önskat luftflöde vid en förhöjd temperatur (200°C YH, 100°C TAD). Begränsningar kan utgöras av vilken maximal fluidtemperatur som en fläkt konstruerats för samt om fläkten klarar av leverera det större volymflöde som krävs när luftens densitet sjunker (Saikkonen 2014). Dessutom uppstår större tryckfall i systemen när värmeväxlare installeras och det bör utredas om fläktarna och deras motorer kan övervinna dessa eller om nya måste installeras.

I det verkliga fallet för uppvärmning av radiatorvatten antas direktväxling mellan utgående torkluft och vattnet, vilket kan innebära en risk vid överhettning i värmeväxlaren med läckage som följd. Läckage i radiatorvattenkretsen kan leda till stora problem och dyra reparationskostnader. För att minska risken för detta bör en by-pass-kanal installeras för torkluften förbi värmeväxlaren (Blücher, J. 2014). Ett annat sätt att minska risken för läckage av radiatorvatten är att ha en separat sekundärkrets mellan utgående torkluft och radiatorkretsen (Blücher, J. 2014) men vad det skulle innebära för skillnad i återvinningspotential och ökade investeringskostnader undersöks inte här.

Filtreringsbehov av utgående torkluft kan ge upphov till stora tryckfall och ökade servicekostnader. Vid värmeväxling utan föregående filtrering av torkluften finns risk för nedsatt värmeöverföringskapacitet på grund av nedsmutsning i växlaren samt för ökade servicekostnader i samband med rengöring. (Jansson 2014)

## 5.8. Osäkerheter

Då antalet antaganden i den här undersökningen är många innebär det att många parametrars betydelse för slutresultaten skulle behöva analyseras, både var för sig och i kombination, för att veta var och ens specifika betydelse. Förutom antaganden om exakta storlekar på parametrar som

värmekapacitet, förångningsentalpi, torrhalter med mera presenteras här sådana antaganden som är av betydelse för resultatet men som inte nämnts som osäkerheter tidigare i rapporten.

Gjorda antaganden om storlek på luftöverskott vid förbränning, läckage in i systemet från maskinhallen samt make-up air påverkar storleken på luftflödet som behöver förvärmas. Det innebär att effektbehov, sluttemperaturer på den förvärmade luften samt återvinningspotentialen förändras om dessa antaganden inte stämmer.

Antagandet om fukthalten i luften i maskinhallen påverkar fukthalt i utgående torkluft, vilket i sin tur har betydelse för dess entalpi och effekt. Att fukthalten i verkligheten sannolikt varierar innebär en osäkerhet av storleken på effektpotential vid värmeväxling.

Vid beräkning av energibesparing i form av gasol antogs fullständig förbränning. Enligt Billberger, M. (2014) är antagandet om förbränningsgraden rimligt, då mycket lite gasol passerar brännarna oförbränd. Vid beräkning av energibesparing i form av fjärrvärme antogs 100 % verkningsgrad i värmeväxlarna, det vill säga att inget värmeläckage förekommer. Enligt Jansson, C. (2014) är värmeförlusten från fjärrvärmeväxlare "någon eller några enstaka procent". Antagandena om verkningsgrader hos gasolbrännare respektive värmeväxlare kan dock innebära att återvinningspotentialen är något lägre än vad resultaten visar.

Antagandet om ett konstant massflöde i radiatorkretsen påverkar radiatorvattnets starttemperatur och därmed storleken på effektpotentialen vid värmeväxling. Antagandet baseras på att effektbehovet för uppvärmning till stor del verkar styras av att pilotmaskinen körs och att massflödet i uppvärmningssystemet därmed är likartat under körning. De starttemperaturer som beräknades utifrån antagandet ligger relativt väl i linje med de uppmätta temperaturerna på returflödet i fjärrvärmevattnets primärkrets, se bilaga E (Öberg 2014). Enligt Bylin, A. (2014) är fjärrvärmeväxlarna dimensionerade för en temperaturdifferens på 3°C mellan returflödet i primärkretsen och inflödet från sekundärkretsen (radiatorkretsen) vid full belastning. Om massflödet i radiatorkretsen däremot skulle variera mycket eller vara ett helt annat än vad som antagits, skulle återvinningspotentialen kunna vara både större och mindre än vad resultaten visar.

Att använda dygnsmedeleffekter för fjärrvärmen som underlag för effektbehov till vid uppvärmning av radiatorvattnet innebär att ingen hänsyn tas till att fjärrvärmeeffekten varierar över dygnet. Vid jämförelse mellan dygnsmedeleffekt och aktivitet i maskinhallen syns ett tydligt samband mellan att maskinen körs och högre dygnsmedeleffekt. En avläsning av momentan fjärrvärmeeffekt 2014-04-16, kl. 10:10, stödjer detta samband. Fjärrvärmeeffekten var då 649 kW. Vid samma tillfälle var primärkretsens retur- och framledningstemperaturer 31,0°C respektive 83,3°C, volymflödet cirka 10,4 m<sup>3</sup>/h och utetemperaturen 6,7°C. En förklaring till den högre effektförbrukningen under körning är att fler ventilationsfläktar går i maskinhallen när maskinen körs och att mer uteluft därmed måste värmas upp för att hålla önskad temperatur i lokalen. Om den faktiska fjärrvärmeeffekten när maskinen körs konsekvent är högre än dygnsmedeleffekten innebär det att effektbehovet för uppvärmning av radiatorvattnet är större än vad som här antagits. Eftersom den reella effektpotentialen är högre än det antagna effektbehovet kan det innebära att återvinningspotentialen är större än vad resultaten visar.

## 6. Slutsatser

- Investering i värmeåtervinning från Yankeeekåpens torkluft är värd att undersöka närmare.
- Investering i värmeåtervinning från TAD-cylindrarnas torkluft är troligen inte lönsam.
- Förvärmning av förbränningsluft och make-up air till Yankeeekåpan har kortast återbetalningstid, 2,55 år
- Uppvärmning av radiatorvatten med torkluft från Yankeeekåpan ger den största årliga ekonomiska besparingen, 63 415 SEK/år.
- Vilken investering som är mest lönsam avgörs av tidsperspektiv ihop med räntenivå och prisutveckling på gasol respektive fjärrvärme.
- Waste Heat Steam Generator kan inte användas ihop med pilotmaskinen.
- Det är möjligt sänka effekttopparna för fjärrvärmeanvändningen i byggnaden, främst genom förändrade rutiner gällande lokalventilering i samband med testkörningar men även genom värmeväxling.
- Tekniska begränsningar för värmeåtervinning utgörs främst av eventuellt filtreringsbehov, fläktutrustning samt risker för läckage vid värmeväxling mot radiatorvattnet.

## 7. Förslag till fortsatta undersökningar

- Funktionen på fuktmätaren i utgående luftflöde från Yankeeekåpan bör undersökas.
- Fördelningen mellan ingående luftflöden i Yankeeekåpan's luftsystem bör undersökas.
- Faktisk fjärrvärmeförbrukning under körning bör loggas.
- Fläktbegränsningar vid förhöjd temperatur på luftflödena bör undersökas.
- Filtreringsbehov av utgående torkluft före värmewäxling bör undersökas.
- Behov och kostnader för kringutrustning och installation av värmewäxlare bör undersökas och beräknas.
- Potential för ackumulering av värmeenergin bör beräknas.

## 8. Referenser

IVA (2002). *Energianvändning i industrin: en faktarapport inom IVA-projektet Energiframsyn Sverige i Europa*. Eskilstuna: Kungliga ingenjörsvetenskapliga akademien, IVA. Tillgänglig: <http://www.iva.se/upload/Verksamhet/Projekt/Energiframsyn/Industri%20komplett3.pdf> [2014-05-14].

Valmet (2014). *Energy efficiency*. Tillgänglig: [http://www.valmet.com/en/industries\\_services\\_products.nsf/WebWID/WTB-131118-2257C-D0D48?OpenDocument&mid=55B945BDD063BA7AC2257C0500345C63#.U3N6JSy\\_mP8](http://www.valmet.com/en/industries_services_products.nsf/WebWID/WTB-131118-2257C-D0D48?OpenDocument&mid=55B945BDD063BA7AC2257C0500345C63#.U3N6JSy_mP8) [2014-05-14].

Valmet (2014). *Environmental responsibility*. Tillgänglig: [http://www.valmet.com/en/sustainability.nsf/WebWID/WTB-140129-2257B-66376?OpenDocument&mid=D89E02CDD275025CC2257C84004D82FD#.U3OFXyy\\_mP8](http://www.valmet.com/en/sustainability.nsf/WebWID/WTB-140129-2257B-66376?OpenDocument&mid=D89E02CDD275025CC2257C84004D82FD#.U3OFXyy_mP8) [2014-05-14].

Lindquist, G. (2010). *Energiförbrukning vid mjukpapperstillverkning*. Diss. Umeå: Civilingenjörsprogrammet i energiteknik vid Umeå universitets tekniska högskola. Tillgänglig: [http://www8.tfe.umu.se/courses/energi/ExjobbCivIngET/Rapporter/2010/Examensarbeterapport\\_v.3\\_final\\_G%C3%B6ranL.pdf](http://www8.tfe.umu.se/courses/energi/ExjobbCivIngET/Rapporter/2010/Examensarbeterapport_v.3_final_G%C3%B6ranL.pdf) [2014-05-14].

Wen, Z. (2012). *Energy savings of tissue machines: Flexible application of technologies in different locations*. Diss. Göteborg: Department of Energy and Environment, Chalmers University of Technology. Tillgänglig: <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/162923.pdf> [2014-05-14].

Jepson, M. (2013-09-30). *E-post om ämne för examensarbete*. Karlstad: Valmet.

Valmet (2014). *Health, Safety and Environment Policy*. Tillgänglig: [http://www.valmet.com/en/sustainability.nsf/WebWID/WTB-131129-2257B-4C431/\\$File/Health,%20Safety%20and%20Environment%20Policy.pdf](http://www.valmet.com/en/sustainability.nsf/WebWID/WTB-131129-2257B-4C431/$File/Health,%20Safety%20and%20Environment%20Policy.pdf) [2014-05-15].

Johansson, A. (2014). *Muntligt samtal*. Karlstad: Valmet.

Israelsson, J. (2014). *Muntligt samtal*. Karlstad: Valmet.

Ivarsson, H. (2014). *Muntligt samtal*. Karlstad: Valmet.

Cengel, Y., A. & Ghajar, A., J. (2011). *Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications*. (4 uppl.). New York: McGraw-Hill.

Valmet (2014). *Advantage™ NTT™ Technology*. Tillgänglig: [http://www.valmet.com/en/products/tissue\\_making.nsf/WebWID/WTB-130206-2256F-743CD?OpenDocument&mid=2FEADB04F000FFFFC2257C0500346D69#.U3PVeiy\\_mP9](http://www.valmet.com/en/products/tissue_making.nsf/WebWID/WTB-130206-2256F-743CD?OpenDocument&mid=2FEADB04F000FFFFC2257C0500346D69#.U3PVeiy_mP9) [2014-05-14].

Valmet (2014). *Advantage™ DCT® Technology*. Tillgänglig: [http://www.valmet.com/en/products/tissue\\_making.nsf/WebWID/WTB-131024-2257B-17A62?OpenDocument&mid=D1BBA896C0806DF3C2257C0500346CC9#.U3PUICy\\_mP8](http://www.valmet.com/en/products/tissue_making.nsf/WebWID/WTB-131024-2257B-17A62?OpenDocument&mid=D1BBA896C0806DF3C2257C0500346CC9#.U3PUICy_mP8) [2014-05-14].

- Valmet (2014). *Advantage™ ThruAir Technology*. Tillgänglig: [http://www.valmet.com/en/products/tissue\\_making.nsf/WebWID/WTB-041125-2256F-E9A25?OpenDocument&mid=A6C5551E84D34D7FC2257C0500346E12#.U3PXMiy\\_mP8](http://www.valmet.com/en/products/tissue_making.nsf/WebWID/WTB-041125-2256F-E9A25?OpenDocument&mid=A6C5551E84D34D7FC2257C0500346E12#.U3PXMiy_mP8) [2014-05-14].
- Saikkonen, O. (2014). *Intern rapport om massbalans i Yankeeekåpa*. Gorizia: Valmet S.p.A.
- Saikkonen, O. (2014). *E-postväxling*. Gorizia: Valmet S.p.A.
- Jewitt, D. (2014-01-29). *E-post om TAD-data*. Karlstad: Valmet.
- Cengel, Y., A. & Cimbala, J., M. (2010). *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications*. (2 uppl.). New York: McGraw-Hill.
- Alvarez, H. (2006). *Energiteknik Del 1*. (3:4 uppl.). Lund: Studentlitteratur AB.
- Cengel, Y., A. & Boles, M., A. (2011). *Thermodynamics: An Engineering Approach*. (7 uppl.). New York: McGraw-Hill.
- KAU Berghel, J. & Renström, R. (2011). *Energitekniska formler och tabeller*. (11 uppl.). Karlstad: Avdelningen för Energi-, miljö- och byggteknik vid Karlstads universitet.
- Jansson, C. (2014). *E-postväxling om uppvärmningssystemet på Valmet Tissue Technology Center*. Karlstad: Caverion.
- Bylin, A. (2014). *Telefonsamtal om fjärrvärme hos Valmet Tissue Technology Center*. Karlstad: Karlstads Energi AB.
- Blücher, J., L. (2014-05). *E-postväxling om förslag till värmeväxlare hos Valmet Tissue Technology Center*. Malmö: Airec AB.
- Rosén, M. (2014-02-06). *Intern rapport om dygnsmedeleffekter för fjärrvärme hos Valmet*. Karlstad: Karlstads Energi AB.
- Zorzenon, D. (2014-03-18). *E-post om ånggenerering med Waste Heat Steam Generator*. Gorizia: Valmet S.p.A.
- Sinnott, R. & Towler, G. (2009). *Chemical Engineering Design*. (5 uppl.). Oxford: Elsevier Ltd.
- Chemical Engineering (2014). *Economic indicators: Chemical engineering plant cost index*. March 2014. Tillgänglig: [http://www.chemeng.queensu.ca/courses/CHEE332/files/CEPCI\\_2014.pdf](http://www.chemeng.queensu.ca/courses/CHEE332/files/CEPCI_2014.pdf). [2014-05-16]
- Sveriges Riksbank (2014). *Sök räntor och valutakurser: SEK/USD 14-05-02*. Tillgänglig: <http://www.riksbank.se/sv/Rantor-och-valutakurser/Sok-rantor-och-valutakurser/?g130-SEKUSDPMI=on&from=2014-05-02&to=2014-05-02&f=Day&cAverage=Average&s=Comma> [2014-05-15].
- Mårdholm, U. (2014-05-16). *Fakturauppgifter från Karlstads energi 2014-04-04 och FloGas 2014-04-07*. Karlstad: Valmet.

Lindgren, A. (2014). *Muntligt samtal*. Karlstad: Valmet.

Billberger, M. (2014-05-19). *Telefonsamtal om gasolförbränning*. Örebro: Örebro Gasteknik AB.

## Bilaga A: Produktblad Gasol Propan 95

### Produktblad

# Gasol Propan 95

*Gasol/LPG*

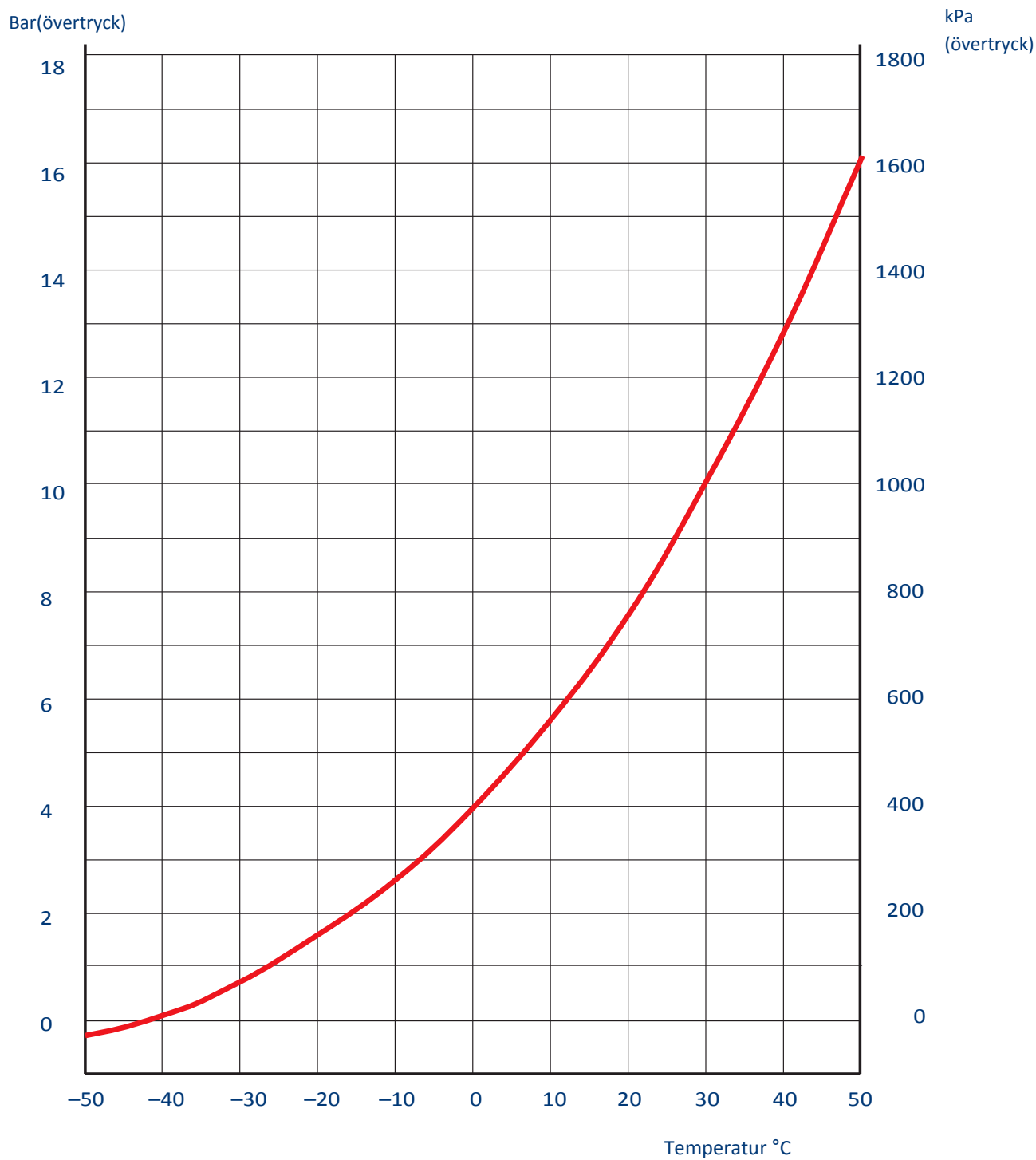
| Kemisk sammansättning                       |                                |                                                              | Specifikation | Typvärden |
|---------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------|-----------|
| Alkaner                                     | mol-% (= vol-% gas)            |                                                              |               |           |
| Metan                                       | CH <sub>4</sub>                | "                                                            | Max 0,1       | –         |
| Etan                                        | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>  | "                                                            | Max 2         | 1         |
| Propan                                      | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>  | "                                                            | Min 95        | 98        |
| Butaner                                     | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> | "                                                            | Max 5         | 1         |
| Pentaner                                    | C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> | "                                                            | Max 0,2       | –         |
| Alkener                                     |                                | "                                                            | Max 2         | –         |
| (Eten, Propen, Butener)                     |                                |                                                              |               |           |
| Diener                                      |                                | "                                                            | Max 0,1       | –         |
| (1,3 – Butadien)                            |                                |                                                              |               |           |
| Indunstningsrest                            | (olja)                         | mass-ppm (mg/kg)                                             | Max 20        | 5         |
| Svavelhalt, total                           | S                              | mass-ppm (mg/kg) efter tillsats av luktmedel (etylmerkaptan) | Max 16        | 7         |
| Fysikaliska data                            |                                |                                                              |               | Typvärden |
| <b>Vätska</b>                               |                                |                                                              |               |           |
| Densitet vid 15 °C                          |                                | kg/m <sup>3</sup>                                            |               | 507       |
| Kokpunkt vid 101 kPa                        |                                | °C                                                           |               | -42       |
| Kritisk temperatur                          |                                | °C                                                           |               | 97        |
| Kritiskt tryck, övertryck                   |                                | kPa                                                          |               | 4150      |
| Ångtryck vid +40 °C, övertryck              |                                | kPa                                                          |               | 1290      |
| <b>Gas</b>                                  |                                |                                                              |               |           |
| Relativ densitet                            |                                | (luft = 1,00)                                                |               | 1,55      |
| Densitet vid 101 kPa och 0 °C               |                                | kg/m <sup>3</sup>                                            |               | 2,01      |
|                                             |                                | (normalkubikmeter)                                           |               |           |
| Gasmängd per kg vätska vid 101 kPa och 0 °C |                                | m <sup>3</sup>                                               |               | 0,498     |
| Daggpunkt vid                               |                                |                                                              |               |           |
| övertryck 100                               |                                |                                                              |               |           |
| kPa                                         |                                | °C                                                           |               | -26       |
|                                             | 200 kPa                        | °C                                                           |               | -16       |
|                                             | 300 kPa                        | °C                                                           |               | -7        |

| Förbränningsdata                 |                     | Typvärden |
|----------------------------------|---------------------|-----------|
| Kalorimetriskt värmevärde        | MJ/kg               | 50,4      |
| ”                                | kWh/kg              | 14,0      |
| ”                                | kcal/kg             | 12040     |
| vid 101 kPa och 0 °C             | MJ/m <sup>3</sup>   | 101,2     |
| ”                                | kWh/m <sup>3</sup>  | 28,1      |
| ”                                | kcal/m <sup>3</sup> | 24170     |
| Effektivt värmevärde             | MJ/kg               | 46,4      |
| ”                                | kWh/kg              | 12,9      |
| ”                                | kcal/kg             | 11090     |
| vid 101 kPa och 0 °C             | MJ/m <sup>3</sup>   | 93,1      |
| ”                                | kWh/m <sup>3</sup>  | 25,9      |
| ”                                | kcal/m <sup>3</sup> | 22250     |
| Brännbarhetsområden i luft       | vol-%               | 2–10      |
| Termisk tändpunkt i luft, ca     | °C                  | 460       |
| Maximal lågtemperatur i luft, ca | °C                  | 1900      |

2002-04

Ångtrycksdiagram på omstående sida

## Ångtrycksdiagram för Gasol Propan 95



Anm. För Propan 95 är ångtrycks- och daggpunktskurvorna identiska.

## Bilaga B: Fjärrvärmeanvändning och medeltemperaturer

Dygnsmedeleffekter för fjärrvärmeanvändning och dygnsmedeltemperaturer under 2012 och 2013 (Rosén 2014). "Nya lab" är maskinhallen till TM1 och anslutande kontorsbyggnad. "Effekt" är i enheten kW.

| 2012       |           | Nya Lab | Montagehall | Maskinverkstad | Lab    | Huvudkontor | Gjuteri | Alla    |
|------------|-----------|---------|-------------|----------------|--------|-------------|---------|---------|
| Datum      | Temp [°C] | Effekt  | Effekt      | Effekt         | Effekt | Effekt      | Effekt  | Total   |
| 2012-01-01 | 1,7       | 73,75   | 603,33      | 110,83         | 73,33  | 64,17       | 304,58  | 1229,99 |
| 2012-01-02 | 4,4       | 70,83   | 278,75      | 136,25         | 71,67  | 74,17       | 580,42  | 1212,09 |
| 2012-01-03 | 3,2       | 104,17  | 471,25      | 130            | 96,25  | 64,58       | 488,75  | 1355    |
| 2012-01-04 | 2,9       | 54,58   | 345,83      | 104,58         | 64,58  | 71,67       | 507,08  | 1148,32 |
| 2012-01-05 | -1,7      | 280,42  | 622,92      | 175,42         | 95     | 89,58       | 673,75  | 1937,09 |
| 2012-01-06 | -2,4      | 255,83  | 705,42      | 184,58         | 100    | 92,5        | 430     | 1768,33 |
| 2012-01-07 | -2,6      | 263,33  | 707,92      | 170            | 75,83  | 85          | 313,75  | 1615,83 |
| 2012-01-08 | -3,8      | 269,17  | 716,25      | 228,75         | 77,5   | 104,17      | 575     | 1970,84 |
| 2012-01-09 | -6,9      | 174,17  | 793,75      | 235            | 118,33 | 105,42      | 953,75  | 2380,42 |
| 2012-01-10 | -3        | 87,12   | 489,33      | 139,63         | 95,95  | 68,96       | 552,64  | 1433,63 |
| 2012-01-11 | 3,5       | 0       | 0           | 0              | 0      | 0           | 0       | 0       |
| 2012-01-12 | 3,1       | 78,75   | 411,67      | 97,92          | 80,42  | 62,08       | 459,17  | 1190,01 |
| 2012-01-13 | 1,6       | 86,25   | 527,08      | 126,25         | 88,75  | 73,33       | 599,17  | 1500,83 |
| 2012-01-14 | -0,1      | 71,67   | 577,92      | 103,33         | 72,5   | 63,33       | 235     | 1123,75 |
| 2012-01-15 | -1,3      | 72,5    | 632,92      | 153,33         | 70,83  | 90          | 402,08  | 1421,66 |
| 2012-01-16 | -1,6      | 0       | 0           | 0              | 0      | 0           | 0       | 0       |
| 2012-01-17 | -1,9      | 314,71  | 563,53      | 110,59         | 95,88  | 52,94       | 395,29  | 1532,94 |
| 2012-01-18 | 0,4       | 280,83  | 597,08      | 161,25         | 78,33  | 75          | 567,92  | 1760,41 |
| 2012-01-19 | -0,1      | 257,5   | 512,5       | 122,08         | 61,67  | 70,42       | 495,83  | 1520    |
| 2012-01-20 | -6,6      | 87,08   | 710,42      | 190,42         | 81,67  | 88,75       | 716,25  | 1874,59 |
| 2012-01-21 | -3,6      | 87,08   | 799,17      | 171,25         | 61,25  | 88,33       | 403,75  | 1610,83 |
| 2012-01-22 | -0,2      | 76,74   | 591,03      | 134,7          | 54,7   | 76,74       | 249,8   | 1183,71 |
| 2012-01-23 | -4,1      | 344,6   | 608,12      | 360,01         | 91,62  | 123,25      | 632,36  | 2159,96 |
| 2012-01-24 | -8,3      | 300     | 787,08      | 315            | 92,08  | 107,92      | 890     | 2492,08 |
| 2012-01-25 | -7,3      | 415,83  | 768,33      | 240            | 95,42  | 112,92      | 1048,33 | 2680,83 |
| 2012-01-26 | -2,5      | 99,58   | 722,92      | 175,83         | 78,33  | 87,92       | 662,92  | 1827,5  |
| 2012-01-27 | -1,1      | 105,83  | 667,92      | 166,67         | 80     | 83,33       | 548,33  | 1652,08 |
| 2012-01-28 | -2,7      | 77,92   | 716,67      | 160,83         | 57,92  | 84,58       | 288,75  | 1386,67 |
| 2012-01-29 | -3,6      | 84,58   | 750,83      | 163,75         | 60     | 89,58       | 370     | 1518,74 |
| 2012-01-30 | -5,9      | 107,5   | 860         | 245            | 100,83 | 104,17      | 982,92  | 2400,42 |
| 2012-01-31 | -5,3      | 316,69  | 884,19      | 222,69         | 101,9  | 100,15      | 1007,17 | 2632,79 |
| 2012-02-01 | -5,2      | 100     | 823,33      | 217,08         | 80,83  | 98,75       | 977,92  | 2297,91 |
| 2012-02-02 | -9,3      | 272,92  | 920         | 232,08         | 90,83  | 102,5       | 1055,83 | 2674,16 |
| 2012-02-03 | -12,8     | 123,75  | 949,58      | 307,5          | 112,5  | 132,5       | 1308,75 | 2934,58 |
| 2012-02-04 | -14,5     | 124,58  | 1288,33     | 228,75         | 92,5   | 122,08      | 607,5   | 2463,74 |
| 2012-02-05 | -7,3      | 119,58  | 1142,92     | 191,67         | 89,17  | 106,25      | 638,33  | 2287,92 |
| 2012-02-06 | -5,1      | 141,25  | 987,92      | 221,25         | 115,83 | 112,08      | 1132,92 | 2711,25 |
| 2012-02-07 | -3,7      | 176,67  | 854,17      | 188,33         | 98,33  | 101,25      | 1010,83 | 2429,58 |

|            |      |        |        |        |       |        |        |         |
|------------|------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|---------|
| 2012-02-08 | -3   | 364,58 | 727,92 | 176,25 | 88,33 | 92,08  | 794,17 | 2243,33 |
| 2012-02-09 | -8   | 359,17 | 899,58 | 229,58 | 85    | 106,25 | 969,17 | 2648,75 |
| 2012-02-10 | -6,2 | 138,75 | 932,08 | 213,75 | 86,67 | 99,58  | 920,42 | 2391,25 |
| 2012-02-11 | -2,5 | 91,67  | 822,92 | 129,58 | 57,92 | 83,75  | 397,5  | 1583,34 |
| 2012-02-12 | -2,5 | 67,5   | 705,42 | 170,83 | 55,83 | 88,54  | 592,29 | 1680,41 |
| 2012-02-13 | -3,5 | 84,58  | 811,67 | 0      | 87,08 | 0      | 0      | 983,33  |
| 2012-02-14 | -1,9 | 261,25 | 662,08 | 173,33 | 71,25 | 81,67  | 700    | 1949,58 |
| 2012-02-15 | -1,5 | 62,5   | 583,33 | 180,42 | 76,67 | 80     | 637,08 | 1620    |
| 2012-02-16 | -3,7 | 212,5  | 492,08 | 210,83 | 87,92 | 84,58  | 861,25 | 1949,16 |
| 2012-02-17 | -1,9 | 83,75  | 571,67 | 173,75 | 87,08 | 75,42  | 568,33 | 1560    |
| 2012-02-18 | 1,1  | 72,08  | 570,42 | 144,17 | 57,08 | 71,25  | 373,33 | 1288,33 |
| 2012-02-19 | 0,9  | 80     | 520,83 | 136,25 | 60    | 70     | 313,33 | 1180,41 |
| 2012-02-20 | -0,7 | 192,08 | 596,25 | 160    | 99,17 | 82,92  | 747,08 | 1877,5  |
| 2012-02-21 | 2,1  | 282,55 | 489,06 | 109,7  | 68,98 | 67,31  | 498,2  | 1515,8  |
| 2012-02-22 | 3    | 307,92 | 496,67 | 131,25 | 60,83 | 68,75  | 489,17 | 1554,59 |
| 2012-02-23 | 5,1  | 187,92 | 397,08 | 80,83  | 48,33 | 55     | 367,5  | 1136,66 |
| 2012-02-24 | 5,2  | 143,33 | 397,92 | 85,42  | 47,92 | 56,25  | 347,08 | 1077,92 |
| 2012-02-25 | 3,9  | 38,75  | 382,5  | 75,42  | 39,58 | 54,17  | 198,33 | 788,75  |
| 2012-02-26 | -0,9 | 56,67  | 488,33 | 106,25 | 50,42 | 70,83  | 327,5  | 1100    |
| 2012-02-27 | -1,7 | 78,33  | 624,17 | 273,75 | 68,75 | 82,08  | 557,5  | 1684,58 |
| 2012-02-28 | 4,5  | 229,17 | 455,42 | 85     | 46,25 | 50,83  | 295,42 | 1162,09 |
| 2012-02-29 | 1,2  | 242,29 | 379,38 | 133,54 | 51,46 | 59,37  | 244,58 | 1110,62 |
| 2012-03-01 | 4    | 0      | 0      | 0      | 0     | 0      | 0      | 0       |
| 2012-03-02 | 3,6  | 44,58  | 288,33 | 163,33 | 44,58 | 61,67  | 510,83 | 1113,32 |
| 2012-03-03 | 0,3  | 43,75  | 492,5  | 90,42  | 49,17 | 55,83  | 214,58 | 946,25  |
| 2012-03-04 | -1,3 | 49,58  | 549,58 | 133,33 | 50,83 | 71,25  | 289,58 | 1144,15 |
| 2012-03-05 | -1,6 | 336,25 | 568,75 | 186,25 | 68,75 | 80,83  | 653,75 | 1894,58 |
| 2012-03-06 | -1,9 | 254,17 | 572,5  | 200    | 67,5  | 88,75  | 734,17 | 1917,09 |
| 2012-03-07 | -0,5 | 105,52 | 608,28 | 159,72 | 66,62 | 75,31  | 782,48 | 1797,93 |
| 2012-03-08 | -0,6 | 78,33  | 440,42 | 151,25 | 67,5  | 73,33  | 671,67 | 1482,5  |
| 2012-03-09 | 2,8  | 78,33  | 524,17 | 137,5  | 61,25 | 67,5   | 557,08 | 1425,83 |
| 2012-03-10 | 4,5  | 56,67  | 380    | 100,42 | 41,67 | 55,42  | 180,42 | 814,6   |
| 2012-03-11 | 4,5  | 70     | 414,17 | 107,08 | 43,33 | 59,58  | 190    | 884,16  |
| 2012-03-12 | 8,4  | 54,58  | 242,08 | 120    | 37,5  | 45,83  | 269,17 | 769,16  |
| 2012-03-13 | 7,2  | 47,08  | 180    | 67,92  | 35    | 45,83  | 275,83 | 651,66  |
| 2012-03-14 | 3    | 71,67  | 283,33 | 97,5   | 48,75 | 53,33  | 436,25 | 990,83  |
| 2012-03-15 | 3,3  | 66,25  | 410,83 | 92,08  | 53,33 | 57,08  | 474,58 | 1154,15 |
| 2012-03-16 | 4,6  | 52,08  | 395,83 | 88,33  | 51,25 | 50,83  | 378,75 | 1017,07 |
| 2012-03-17 | 4,2  | 42,5   | 370,83 | 82,92  | 38,33 | 54,58  | 222,92 | 812,08  |
| 2012-03-18 | 2,9  | 38,75  | 341,25 | 87,92  | 39,17 | 55     | 197,08 | 759,17  |
| 2012-03-19 | 2,6  | 55     | 370,83 | 116,67 | 54,58 | 63,75  | 546,25 | 1207,08 |
| 2012-03-20 | 5,3  | 55     | 298,75 | 94,17  | 44,58 | 52,5   | 405,83 | 950,83  |
| 2012-03-21 | 9,7  | 116,67 | 141,25 | 61,67  | 34,17 | 42,08  | 251,25 | 647,09  |
| 2012-03-22 | 8,7  | 97,5   | 158,75 | 54,58  | 26,67 | 31,25  | 236,67 | 605,42  |
| 2012-03-23 | 7,6  | 124,17 | 217,92 | 59,58  | 30,42 | 36,67  | 262,92 | 731,68  |
| 2012-03-24 | 7    | 32,5   | 176,67 | 52,08  | 31,67 | 39,17  | 152,5  | 484,59  |

|            |      |        |        |        |       |       |        |         |
|------------|------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|---------|
| 2012-03-25 | 8,7  | 27,92  | 99,58  | 37,08  | 24,17 | 32,5  | 100    | 321,25  |
| 2012-03-26 | 5    | 101,67 | 250,83 | 85,42  | 42,92 | 49,58 | 330,42 | 860,84  |
| 2012-03-27 | 13,3 | 84,58  | 95,83  | 37,92  | 20    | 23,75 | 148,33 | 410,41  |
| 2012-03-28 | 7,3  | 290,83 | 97,08  | 66,67  | 33,75 | 42,08 | 243,33 | 773,74  |
| 2012-03-29 | 5,6  | 165,42 | 230,83 | 67,92  | 38,75 | 38,75 | 280    | 821,67  |
| 2012-03-30 | 4,5  | 180,42 | 245    | 77,92  | 43,75 | 47,92 | 360    | 955,01  |
| 2012-03-31 | 1,5  | 37,08  | 364,58 | 82,92  | 44,17 | 55,83 | 274,17 | 858,75  |
| 2012-04-01 | 0,7  | 36,25  | 452,5  | 95     | 45,83 | 58,33 | 232,92 | 920,83  |
| 2012-04-02 | 0,9  | 209,17 | 467,92 | 111,67 | 56,67 | 64,17 | 556,25 | 1465,85 |
| 2012-04-03 | -0,1 | 315,83 | 457,92 | 119,17 | 57,08 | 62,5  | 576,67 | 1589,17 |
| 2012-04-04 | 0,7  | 247,92 | 396,67 | 111,25 | 54,17 | 59,17 | 509,58 | 1378,76 |
| 2012-04-05 | 3,1  | 279,17 | 335,42 | 90,83  | 49,58 | 50    | 418,33 | 1223,33 |
| 2012-04-06 | 1,5  | 48,33  | 363,33 | 112,92 | 54,58 | 63,75 | 387,92 | 1030,83 |
| 2012-04-07 | 0,1  | 46,25  | 479,58 | 116,25 | 47,08 | 67,08 | 214,58 | 970,82  |
| 2012-04-08 | 1,5  | 39,17  | 434,58 | 114,58 | 45,42 | 59,17 | 257,08 | 950     |
| 2012-04-09 | 2,5  | 51,25  | 390,42 | 140,42 | 55,42 | 66,67 | 491,25 | 1195,43 |
| 2012-04-10 | 4,7  | 182,92 | 387,5  | 136,25 | 54,58 | 62,5  | 537,92 | 1361,67 |
| 2012-04-11 | 5,9  | 135,42 | 269,17 | 97,5   | 46,25 | 52,92 | 380    | 981,26  |
| 2012-04-12 | 5,3  | 91,25  | 300,42 | 80,83  | 43,33 | 44,58 | 325,42 | 885,83  |
| 2012-04-13 | 4    | 82,92  | 317,08 | 93,33  | 45,83 | 52,5  | 351,25 | 942,91  |
| 2012-04-14 | 4,6  | 37,08  | 333,75 | 82,08  | 38,33 | 45,83 | 163,33 | 700,4   |
| 2012-04-15 | 5,1  | 35     | 362,08 | 82,08  | 35,83 | 43,75 | 148,33 | 707,07  |
| 2012-04-16 | 3,8  | 56,25  | 322,08 | 95,83  | 45,83 | 49,17 | 323,75 | 892,91  |
| 2012-04-17 | 1,9  | 77,08  | 405    | 110,42 | 54,58 | 55    | 446,25 | 1148,33 |
| 2012-04-18 | 2,9  | 75,42  | 482,5  | 112,08 | 52,5  | 59,17 | 505,83 | 1287,5  |
| 2012-04-19 | 7,1  | 56,25  | 281,25 | 85,83  | 41,25 | 46,67 | 317,08 | 828,33  |
| 2012-04-20 | 2,7  | 45,83  | 249,17 | 103,75 | 51,67 | 55    | 412,5  | 917,92  |
| 2012-04-21 | 3    | 46,25  | 424,58 | 113,75 | 41,67 | 54,17 | 230    | 910,42  |
| 2012-04-22 | 6,2  | 35,42  | 310    | 97,92  | 35    | 47,08 | 177,92 | 703,34  |
| 2012-04-23 | 6,1  | 140,42 | 267,5  | 102,5  | 42,92 | 47,92 | 318,33 | 919,59  |
| 2012-04-24 | 7,6  | 459,58 | 161,25 | 94,58  | 32,92 | 41,67 | 308,33 | 1098,33 |
| 2012-04-25 | 9,6  | 358,33 | 122,08 | 71,67  | 26,67 | 37,92 | 245,83 | 862,5   |
| 2012-04-26 | 7,9  | 183,75 | 119,17 | 77,5   | 35,83 | 40,83 | 262,08 | 719,16  |
| 2012-04-27 | 8,7  | 44,17  | 192,5  | 77,92  | 35,42 | 39,17 | 281,67 | 670,85  |
| 2012-04-28 | 8,9  | 32,5   | 200    | 63,33  | 27,5  | 30    | 146,67 | 500     |
| 2012-04-29 | 10,1 | 29,58  | 128,75 | 46,67  | 24,58 | 34,58 | 91,25  | 355,41  |
| 2012-04-30 | 8,8  | 37,92  | 103,75 | 52,92  | 27,92 | 33,33 | 200    | 455,84  |
| 2012-05-01 | 10,1 | 40     | 105    | 45,83  | 27,5  | 26,67 | 179,17 | 424,17  |
| 2012-05-02 | 11,5 | 47,08  | 77,08  | 42,08  | 25,42 | 22,92 | 154,17 | 368,75  |
| 2012-05-03 | 11,1 | 41,67  | 50     | 40,83  | 24,17 | 22,08 | 150    | 328,75  |
| 2012-05-04 | 8,5  | 40,83  | 84,17  | 69,17  | 30,83 | 40    | 206,25 | 471,25  |
| 2012-05-05 | 6,3  | 32,92  | 155    | 64,58  | 31,67 | 40    | 134,17 | 458,34  |
| 2012-05-06 | 5,5  | 33,33  | 295,83 | 67,08  | 29,58 | 34,17 | 152,08 | 612,07  |
| 2012-05-07 | 6,1  | 170    | 200,42 | 70     | 33,33 | 33,75 | 319,17 | 826,67  |
| 2012-05-08 | 7,5  | 449,58 | 170,83 | 67,5   | 32,5  | 32,92 | 370    | 1123,33 |
| 2012-05-09 | 9,3  | 166,67 | 161,25 | 67,08  | 29,17 | 38,33 | 103,75 | 566,25  |

|            |      |        |        |       |       |       |        |        |
|------------|------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|
| 2012-05-10 | 10   | 168,33 | 199,17 | 61,67 | 31,67 | 34,58 | 101,25 | 596,67 |
| 2012-05-11 | 10,5 | 293,75 | 105    | 56,67 | 26,67 | 33,75 | 78,33  | 594,17 |
| 2012-05-12 | 8,8  | 30,83  | 182,08 | 52,92 | 27,5  | 35    | 36,67  | 365    |
| 2012-05-13 | 7,7  | 30     | 182,92 | 53,75 | 28,33 | 27,08 | 39,58  | 361,66 |
| 2012-05-14 | 8,2  | 45,83  | 202,5  | 71,25 | 35,83 | 42,08 | 125,42 | 522,91 |
| 2012-05-15 | 9,4  | 50,83  | 237,08 | 75,83 | 34,58 | 38,75 | 220,83 | 657,9  |
| 2012-05-16 | 11,5 | 40,42  | 144,58 | 55,42 | 23,75 | 29,58 | 194,17 | 487,92 |
| 2012-05-17 | 9,5  | 27,5   | 106,67 | 32,5  | 22,92 | 27,92 | 163,33 | 380,84 |
| 2012-05-18 | 9,8  | 30,42  | 107,08 | 33,33 | 25,83 | 27,92 | 244,17 | 468,75 |
| 2012-05-19 | 11,4 | 30     | 64,58  | 28,75 | 23,33 | 26,67 | 107,08 | 280,41 |
| 2012-05-20 | 13,6 | 27,08  | 53,33  | 22,5  | 18,33 | 20    | 75,42  | 216,66 |
| 2012-05-21 | 17,5 | 53,75  | 36,25  | 24,58 | 12,92 | 14,17 | 70     | 211,67 |
| 2012-05-22 | 18   | 146,25 | 77,5   | 22,5  | 10,83 | 11,67 | 41,67  | 310,42 |
| 2012-05-23 | 17,9 | 136,25 | 57,08  | 20    | 10,83 | 8,33  | 34,17  | 266,66 |
| 2012-05-24 | 19,5 | 113,75 | 52,5   | 16,67 | 8,75  | 6,25  | 30,42  | 228,34 |
| 2012-05-25 | 19,8 | 97,92  | 11,25  | 14,17 | 7,92  | 2,92  | 25,42  | 159,6  |
| 2012-05-26 | 18,6 | 20,42  | 6,67   | 7,92  | 6,25  | 2,5   | 5,83   | 49,59  |
| 2012-05-27 | 17,3 | 17,92  | 13,75  | 8,33  | 7,92  | 5,42  | 7,08   | 60,42  |
| 2012-05-28 | 13,3 | 165,83 | 27,92  | 22,08 | 10,42 | 10,83 | 32,08  | 269,16 |
| 2012-05-29 | 10,7 | 338,33 | 131,25 | 44,17 | 19,58 | 22,92 | 77,5   | 633,75 |
| 2012-05-30 | 11,1 | 371,25 | 149,17 | 42,08 | 22,08 | 18,33 | 73,75  | 676,66 |
| 2012-05-31 | 10,2 | 338,75 | 114,58 | 48,75 | 22,92 | 25,83 | 78,75  | 629,58 |
| 2012-06-01 | 9    | 73,33  | 68,33  | 63,75 | 30    | 36,67 | 128,75 | 400,83 |
| 2012-06-02 | 8,7  | 30,83  | 62,5   | 25,83 | 27,5  | 27,92 | 29,58  | 204,16 |
| 2012-06-03 | 8,4  | 28,75  | 102,08 | 29,17 | 30    | 34,58 | 41,25  | 265,83 |
| 2012-06-04 | 9,8  | 37,5   | 127,08 | 44,58 | 27,92 | 25    | 126,67 | 388,75 |
| 2012-06-05 | 10,8 | 37,5   | 109,17 | 38,75 | 25,42 | 15,83 | 112,08 | 338,75 |
| 2012-06-06 | 11,7 | 36,25  | 112,5  | 30    | 22,08 | 18,75 | 60     | 279,58 |
| 2012-06-07 | 12   | 36,67  | 52,08  | 31,67 | 22,92 | 16,67 | 72,5   | 232,51 |
| 2012-06-08 | 13,6 | 34,58  | 34,58  | 28,75 | 20    | 15    | 54,58  | 187,49 |
| 2012-06-09 | 12,7 | 27,92  | 19,58  | 22,92 | 17,92 | 18,75 | 14,17  | 121,26 |
| 2012-06-10 | 12,5 | 27,08  | 33,33  | 19,17 | 19,17 | 19,17 | 16,67  | 134,59 |
| 2012-06-11 | 14,6 | 62,08  | 36,25  | 23,75 | 16,25 | 16,25 | 35,42  | 190    |
| 2012-06-12 | 13,6 | 105    | 116,25 | 26,67 | 14,58 | 16,25 | 43,33  | 322,08 |
| 2012-06-13 | 13,8 | 250,83 | 112,92 | 27,08 | 14,37 | 15,63 | 49,17  | 470    |
| 2012-06-14 | 13,1 | 0      | 0      | 0     | 0     | 0     | 0      | 0      |
| 2012-06-15 | 11,4 | 312,08 | 98,33  | 36,67 | 19,17 | 29,58 | 67,92  | 563,75 |
| 2012-06-16 | 13,6 | 25,83  | 40     | 22,08 | 16,25 | 20,83 | 17,92  | 142,91 |
| 2012-06-17 | 14,7 | 24,17  | 18,33  | 15,42 | 12,5  | 13,33 | 11,67  | 95,42  |
| 2012-06-18 | 13,7 | 123,75 | 39,17  | 25,42 | 14,17 | 14,58 | 37,92  | 255,01 |
| 2012-06-19 | 15,1 | 238,75 | 72,5   | 27,5  | 15,42 | 15,42 | 49,17  | 418,76 |
| 2012-06-20 | 14,1 | 220    | 68,75  | 29,17 | 13,75 | 14,17 | 45     | 390,84 |
| 2012-06-21 | 17,2 | 158,33 | 46,25  | 20,83 | 10,83 | 9,58  | 32,92  | 278,74 |
| 2012-06-22 | 17,6 | 28,33  | 12,92  | 10,42 | 8,75  | 5,42  | 8,75   | 74,59  |
| 2012-06-23 | 14,7 | 23,33  | 15,42  | 12,5  | 11,25 | 11,25 | 8,75   | 82,5   |
| 2012-06-24 | 14,2 | 22,92  | 20,42  | 13,33 | 11,67 | 11,25 | 10,83  | 90,42  |

|            |      |        |        |       |       |       |       |        |
|------------|------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 2012-06-25 | 11,6 | 44,58  | 34,17  | 35,83 | 22,08 | 32,5  | 69,17 | 238,33 |
| 2012-06-26 | 14,8 | 38,33  | 29,17  | 29,17 | 15,42 | 16,25 | 77,92 | 206,26 |
| 2012-06-27 | 14,9 | 31,67  | 108,75 | 22,92 | 12,5  | 14,17 | 47,08 | 237,09 |
| 2012-06-28 | 15,2 | 30,42  | 72,5   | 22,5  | 15,42 | 11,25 | 37,08 | 189,17 |
| 2012-06-29 | 15,5 | 30,42  | 89,58  | 20,83 | 12,08 | 9,17  | 29,17 | 191,25 |
| 2012-06-30 | 16,6 | 25,83  | 9,17   | 10    | 9,58  | 2,08  | 9,58  | 66,24  |
| 2012-07-01 | 15,9 | 25,83  | 14,17  | 13,33 | 10,42 | 5,42  | 10    | 79,17  |
| 2012-07-02 | 14,9 | 34,17  | 23,33  | 19,17 | 14,58 | 12,08 | 30    | 133,33 |
| 2012-07-03 | 16,4 | 31,25  | 21,25  | 19,58 | 12,92 | 10,42 | 32,08 | 127,5  |
| 2012-07-04 | 19,3 | 27,92  | 18,75  | 14,17 | 10,42 | 2,5   | 23,33 | 97,09  |
| 2012-07-05 | 19,5 | 27,5   | 31,25  | 13,33 | 9,17  | 4,58  | 25    | 110,83 |
| 2012-07-06 | 19,2 | 28,75  | 53,75  | 11,25 | 7,5   | 2,08  | 17,5  | 120,83 |
| 2012-07-07 | 17,9 | 24,17  | 5,42   | 10,42 | 7,92  | 2,08  | 4,58  | 54,59  |
| 2012-07-08 | 18,7 | 22,5   | 5      | 7,5   | 7,92  | 1,67  | 6,25  | 50,84  |
| 2012-07-09 | 19,4 | 30,42  | 5,83   | 10,42 | 6,67  | 2,5   | 11,67 | 67,51  |
| 2012-07-10 | 16,2 | 25,42  | 11,25  | 14,58 | 9,58  | 2,5   | 16,67 | 80     |
| 2012-07-11 | 15,5 | 30     | 75,83  | 18,33 | 10,83 | 10,42 | 23,33 | 168,74 |
| 2012-07-12 | 15,7 | 30,42  | 74,17  | 18,33 | 12,08 | 9,17  | 23,75 | 167,92 |
| 2012-07-13 | 15,6 | 30     | 15     | 16,25 | 10,83 | 9,17  | 23,33 | 104,58 |
| 2012-07-14 | 16,1 | 23,33  | 17,92  | 14,17 | 11,25 | 10    | 12,92 | 89,59  |
| 2012-07-15 | 15,9 | 20,42  | 10,42  | 11,25 | 9,58  | 6,67  | 10,42 | 68,76  |
| 2012-07-16 | 16,1 | 29,58  | 51,67  | 14,58 | 11,67 | 8,75  | 19,17 | 135,42 |
| 2012-07-17 | 15   | 29,17  | 79,58  | 16,25 | 11,67 | 8,75  | 21,67 | 167,09 |
| 2012-07-18 | 14,4 | 31,25  | 86,25  | 21,25 | 15,42 | 17,5  | 27,5  | 199,17 |
| 2012-07-19 | 14,7 | 29,17  | 68,33  | 17,92 | 12,08 | 13,75 | 20    | 161,25 |
| 2012-07-20 | 14,4 | 30,42  | 20     | 20    | 14,17 | 14,58 | 23,75 | 122,92 |
| 2012-07-21 | 14,1 | 24,17  | 55     | 16,25 | 18,33 | 13,33 | 17,08 | 144,16 |
| 2012-07-22 | 15,3 | 21,25  | 33,33  | 10,42 | 12,08 | 9,17  | 13,75 | 100    |
| 2012-07-23 | 15,8 | 32,08  | 17,5   | 19,17 | 13,75 | 15    | 23,75 | 121,25 |
| 2012-07-24 | 18,3 | 31,25  | 6,25   | 13,33 | 8,33  | 2,5   | 15,83 | 77,49  |
| 2012-07-25 | 20   | 28,33  | 10,83  | 12,08 | 9,17  | 2,5   | 12,5  | 75,41  |
| 2012-07-26 | 19,6 | 26,25  | 20,83  | 11,52 | 7,92  | 2,74  | 9,58  | 78,84  |
| 2012-07-27 | 18,5 | 27,92  | 6,25   | 12,61 | 8,33  | 2,08  | 10    | 67,19  |
| 2012-07-28 | 18,2 | 19,17  | 5      | 9,17  | 7,92  | 1,67  | 7,92  | 50,85  |
| 2012-07-29 | 16,6 | 19,58  | 16,67  | 8,75  | 10    | 4,58  | 11,25 | 70,83  |
| 2012-07-30 | 16,3 | 52,08  | 13,33  | 12,92 | 10,83 | 7,5   | 16,67 | 113,33 |
| 2012-07-31 | 15,3 | 55,83  | 16,25  | 16,67 | 11,67 | 8,33  | 18,33 | 127,08 |
| 2012-08-01 | 16,4 | 53,33  | 41,25  | 14,17 | 12,08 | 12,5  | 15    | 148,33 |
| 2012-08-02 | 18,4 | 53,33  | 68,33  | 14,17 | 10,42 | 9,17  | 12,92 | 168,34 |
| 2012-08-03 | 17,7 | 59,58  | 11,67  | 15,42 | 9,17  | 2,92  | 12,08 | 110,84 |
| 2012-08-04 | 17,5 | 42,5   | 11,25  | 9,58  | 9,17  | 5,83  | 10    | 88,33  |
| 2012-08-05 | 17,1 | 44,58  | 5      | 11,25 | 9,17  | 1,67  | 10,42 | 82,09  |
| 2012-08-06 | 15,6 | 59,58  | 21,67  | 17,92 | 12,5  | 8,75  | 22,08 | 142,5  |
| 2012-08-07 | 15,4 | 121,67 | 16,25  | 60,83 | 11,67 | 9,87  | 27,5  | 247,79 |
| 2012-08-08 | 13,7 | 149,58 | 26,67  | 25,42 | 12,92 | 24,17 | 35    | 273,76 |
| 2012-08-09 | 14,3 | 144,58 | 39,17  | 21,67 | 14,58 | 12,92 | 31,67 | 264,59 |

|            |      |        |        |       |       |       |        |        |
|------------|------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|
| 2012-08-10 | 14,3 | 139,17 | 27,08  | 24,58 | 11,67 | 16,25 | 31,67  | 250,42 |
| 2012-08-11 | 15,2 | 123,33 | 21,25  | 12,92 | 12,92 | 13,33 | 12,92  | 196,67 |
| 2012-08-12 | 17,6 | 87,5   | 15,42  | 10,83 | 8,75  | 6,67  | 11,67  | 140,84 |
| 2012-08-13 | 16,9 | 72,5   | 7,08   | 14,17 | 8,75  | 2,5   | 19,58  | 124,58 |
| 2012-08-14 | 15,9 | 60     | 22,08  | 17,92 | 13,33 | 12,5  | 34,58  | 160,41 |
| 2012-08-15 | 17   | 55,42  | 20     | 15,42 | 12,5  | 9,17  | 22,5   | 135,01 |
| 2012-08-16 | 17,8 | 51,25  | 45,42  | 12,5  | 10,83 | 6,67  | 20,83  | 147,5  |
| 2012-08-17 | 17,6 | 54,17  | 45,83  | 69,17 | 10    | 2,92  | 16,25  | 198,34 |
| 2012-08-18 | 16,4 | 42,92  | 5      | 11,25 | 9,17  | 2,19  | 7,5    | 78,03  |
| 2012-08-19 | 20,3 | 43,33  | 5      | 8,33  | 7,5   | 1,67  | 6,25   | 72,08  |
| 2012-08-20 | 17,4 | 63,33  | 6,67   | 13,33 | 8,75  | 2,92  | 18,75  | 113,75 |
| 2012-08-21 | 18,5 | 57,08  | 7,08   | 16,25 | 8,33  | 2,92  | 24,17  | 115,83 |
| 2012-08-22 | 15,8 | 71,25  | 40,83  | 20    | 8,75  | 2,92  | 25     | 168,75 |
| 2012-08-23 | 15,3 | 59,17  | 67,08  | 23,33 | 12,08 | 8,33  | 28,33  | 198,32 |
| 2012-08-24 | 14,2 | 74,58  | 37,92  | 29,58 | 11,67 | 18,75 | 33,33  | 205,83 |
| 2012-08-25 | 13,5 | 44,17  | 22,08  | 19,2  | 13,75 | 16,25 | 13,75  | 129,2  |
| 2012-08-26 | 15,7 | 45,42  | 4,58   | 14,58 | 10    | 7,5   | 10,83  | 92,91  |
| 2012-08-27 | 11,5 | 67,5   | 35,83  | 29,58 | 20,83 | 16,67 | 60,42  | 230,83 |
| 2012-08-28 | 11,6 | 102,92 | 59,17  | 41,25 | 20,42 | 13,75 | 69,58  | 307,09 |
| 2012-08-29 | 16   | 79,58  | 39,58  | 20    | 11,67 | 14,58 | 36,67  | 202,08 |
| 2012-08-30 | 14,3 | 77,92  | 34,17  | 25,42 | 11,25 | 13,75 | 32,5   | 195,01 |
| 2012-08-31 | 14   | 115,42 | 55     | 31,67 | 16,25 | 22,08 | 50     | 290,42 |
| 2012-09-01 | 14,2 | 68,33  | 79,17  | 14,17 | 14,58 | 12,92 | 13,75  | 202,92 |
| 2012-09-02 | 16   | 32,92  | 30,83  | 16,67 | 12,08 | 14,17 | 12,08  | 118,75 |
| 2012-09-03 | 16,1 | 52,08  | 32,92  | 18,75 | 13,33 | 11,67 | 36,67  | 165,42 |
| 2012-09-04 | 16   | 42,08  | 25,83  | 24,58 | 12,5  | 10,83 | 30,42  | 146,24 |
| 2012-09-05 | 15   | 175,83 | 38,96  | 31,67 | 19,58 | 17,71 | 45     | 328,75 |
| 2012-09-06 | 10,7 | 0      | 0      | 0     | 0     | 0     | 0      | 0      |
| 2012-09-07 | 12,6 | 145,83 | 33,33  | 42,08 | 23,33 | 22,5  | 50,83  | 317,9  |
| 2012-09-08 | 10,6 | 82,5   | 38,33  | 25    | 20,83 | 30    | 17,5   | 214,16 |
| 2012-09-09 | 9,5  | 28,33  | 97,5   | 31,25 | 29,58 | 32,5  | 28,75  | 247,91 |
| 2012-09-10 | 16   | 35,42  | 47,92  | 26,25 | 15,42 | 15    | 57,92  | 197,93 |
| 2012-09-11 | 15,6 | 38,75  | 26,67  | 25    | 14,17 | 2,92  | 104,58 | 212,09 |
| 2012-09-12 | 12   | 40     | 75,83  | 34,58 | 23,33 | 25,42 | 161,25 | 360,41 |
| 2012-09-13 | 11,1 | 36,67  | 62,92  | 33,33 | 25,83 | 22,08 | 178,75 | 359,58 |
| 2012-09-14 | 13,1 | 43,33  | 41,25  | 35    | 22,92 | 30    | 164,17 | 336,67 |
| 2012-09-15 | 12,9 | 24,58  | 45,83  | 20    | 20,42 | 19,17 | 60,42  | 190,42 |
| 2012-09-16 | 13,3 | 24,58  | 36,67  | 22,5  | 19,58 | 21,67 | 69,58  | 194,58 |
| 2012-09-17 | 13,7 | 50     | 72,5   | 29,58 | 18,75 | 25    | 113,33 | 309,16 |
| 2012-09-18 | 12,3 | 65     | 70     | 37,08 | 24,58 | 32,5  | 165    | 394,16 |
| 2012-09-19 | 10,2 | 85,42  | 102,92 | 42,5  | 26,67 | 35,42 | 187,08 | 480,01 |
| 2012-09-20 | 9,3  | 44,17  | 244,58 | 39,17 | 29,17 | 36,67 | 225,83 | 619,59 |
| 2012-09-21 | 7,6  | 149,17 | 258,75 | 48,75 | 36,25 | 38,75 | 245,83 | 777,5  |
| 2012-09-22 | 7,2  | 30     | 225,83 | 34,58 | 32,5  | 42,92 | 141,25 | 507,08 |
| 2012-09-23 | 8,5  | 30     | 227,92 | 35,42 | 30,42 | 40    | 133,33 | 497,09 |
| 2012-09-24 | 8,3  | 51,25  | 260    | 50,42 | 35,83 | 42,92 | 343,33 | 783,75 |

|            |      |        |        |        |       |       |        |         |
|------------|------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|---------|
| 2012-09-25 | 8,1  | 149,58 | 189,17 | 54,58  | 39,17 | 45,42 | 308,75 | 786,67  |
| 2012-09-26 | 10,4 | 367,92 | 145    | 45,83  | 26,25 | 39,17 | 248,33 | 872,5   |
| 2012-09-27 | 11,8 | 273,33 | 174,17 | 38,75  | 23,75 | 33,33 | 201,67 | 745     |
| 2012-09-28 | 11,2 | 290,42 | 132,08 | 39,17  | 27,08 | 32,08 | 187,08 | 707,91  |
| 2012-09-29 | 11,3 | 26,67  | 167,5  | 27,08  | 22,5  | 30    | 84,17  | 357,92  |
| 2012-09-30 | 10,4 | 28,75  | 230    | 26,25  | 26,25 | 32,5  | 92,92  | 436,67  |
| 2012-10-01 | 12,9 | 39,17  | 201,25 | 35,42  | 24,58 | 30    | 167,08 | 497,5   |
| 2012-10-02 | 12,3 | 112,08 | 85,83  | 37,08  | 24,17 | 31,67 | 173,33 | 464,16  |
| 2012-10-03 | 11,8 | 276,25 | 106,25 | 37,92  | 25,83 | 33,33 | 199,58 | 679,16  |
| 2012-10-04 | 9,3  | 344,58 | 138,75 | 39,58  | 32,5  | 36,25 | 219,58 | 811,24  |
| 2012-10-05 | 5,6  | 516,25 | 257,92 | 60,83  | 40,42 | 56,67 | 368,75 | 1300,84 |
| 2012-10-06 | 5,8  | 29,58  | 259,17 | 34,58  | 38,75 | 36,67 | 119,58 | 518,33  |
| 2012-10-07 | 7,6  | 32,5   | 300,83 | 39,49  | 33,46 | 39,17 | 157,92 | 603,37  |
| 2012-10-08 | 8,3  | 42,08  | 272,5  | 45,83  | 37,92 | 43,75 | 321,25 | 763,33  |
| 2012-10-09 | 5,9  | 158,75 | 247,92 | 55,42  | 41,67 | 50,42 | 423,75 | 977,93  |
| 2012-10-10 | 4,1  | 183,33 | 360,42 | 74,58  | 51,25 | 60    | 481,25 | 1210,83 |
| 2012-10-11 | 3,5  | 59,17  | 326,67 | 75     | 47,08 | 55,83 | 451,67 | 1015,42 |
| 2012-10-12 | 2,4  | 108,33 | 385,83 | 98,33  | 57,08 | 67,5  | 441,67 | 1158,74 |
| 2012-10-13 | 4,5  | 34,17  | 332,5  | 49,17  | 45,42 | 49,17 | 163,33 | 673,76  |
| 2012-10-14 | 4,8  | 36,67  | 397,92 | 53,33  | 38,75 | 53,33 | 195,42 | 775,42  |
| 2012-10-15 | 6,4  | 237,08 | 338,75 | 107,08 | 46,67 | 54,17 | 333,75 | 1117,5  |
| 2012-10-16 | 6    | 40,83  | 314,58 | 74,24  | 49,17 | 55,83 | 455,54 | 990,19  |
| 2012-10-17 | 9,2  | 43,75  | 286,25 | 66,36  | 39,17 | 45,83 | 527,61 | 1008,97 |
| 2012-10-18 | 10,6 | 42,92  | 258,75 | 48,33  | 33,75 | 42,5  | 302,92 | 729,17  |
| 2012-10-19 | 10,9 | 40     | 216,25 | 52,08  | 31,25 | 41,67 | 247,92 | 629,17  |
| 2012-10-20 | 8,8  | 29,17  | 194,17 | 32,5   | 29,58 | 0     | 111,67 | 397,09  |
| 2012-10-21 | 7,2  | 32,08  | 257,5  | 42,08  | 32,92 | 46,67 | 145,42 | 556,67  |
| 2012-10-22 | 5,7  | 179,58 | 331,67 | 73,75  | 48,33 | 57,92 | 490,83 | 1182,08 |
| 2012-10-23 | 3,9  | 678,33 | 307,08 | 90,83  | 51,67 | 58,33 | 517,69 | 1703,93 |
| 2012-10-24 | 4,8  | 612,5  | 382,08 | 82,92  | 47,92 | 54,58 | 605,34 | 1785,34 |
| 2012-10-25 | 2    | 735    | 386,67 | 113,21 | 57,08 | 60,42 | 644,17 | 1996,55 |
| 2012-10-26 | 1,1  | 627,92 | 518,75 | 245,71 | 65,42 | 69,17 | 752,5  | 2279,47 |
| 2012-10-27 | 0,8  | 47,92  | 391,25 | 107,08 | 47,08 | 0     | 233,33 | 826,66  |
| 2012-10-28 | -0,8 | 59,17  | 569,17 | 143,33 | 56,25 | 76,67 | 338,75 | 1243,34 |
| 2012-10-29 | 5,1  | 281,25 | 490,83 | 170,42 | 58,33 | 56,67 | 638,75 | 1696,25 |
| 2012-10-30 | 1,4  | 385,83 | 452,92 | 185,42 | 62,08 | 65,83 | 757,08 | 1909,16 |
| 2012-10-31 | 4,2  | 270,42 | 495,42 | 163,33 | 55,42 | 61,25 | 696,67 | 1742,51 |
| 2012-11-01 | 6,6  | 256,67 | 322,68 | 118,75 | 47,5  | 54,58 | 513,33 | 1313,51 |
| 2012-11-02 | 7,1  | 213,75 | 316,67 | 91,37  | 47,08 | 52,5  | 475,83 | 1197,2  |
| 2012-11-03 | 6    | 49,58  | 376,56 | 69,58  | 38,75 | 49,17 | 172,5  | 756,14  |
| 2012-11-04 | 4,4  | 49,17  | 360,83 | 120    | 40,83 | 55,42 | 201,25 | 827,5   |
| 2012-11-05 | 3    | 232,08 | 455,42 | 171,67 | 55,83 | 61,67 | 597,5  | 1574,17 |
| 2012-11-06 | 1,6  | 318,33 | 540    | 193,33 | 63,33 | 67,92 | 730,42 | 1913,33 |
| 2012-11-07 | 1,8  | 304,17 | 544,17 | 180,42 | 59,58 | 67,5  | 696,67 | 1852,51 |
| 2012-11-08 | 1,3  | 65,45  | 505,59 | 190,07 | 59,58 | 69,23 | 707,41 | 1597,33 |
| 2012-11-09 | 1,6  | 70,42  | 597,92 | 242,08 | 64,58 | 75    | 700    | 1750    |

|            |       |        |         |        |        |        |         |         |
|------------|-------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 2012-11-10 | 7,3   | 54,58  | 394,58  | 103,33 | 35     | 47,5   | 160,42  | 795,41  |
| 2012-11-11 | 7     | 52,08  | 370,42  | 104,17 | 37,08  | 50     | 169,58  | 783,33  |
| 2012-11-12 | 3,3   | 63,33  | 354,17  | 244,17 | 54,17  | 64,17  | 522,08  | 1302,09 |
| 2012-11-13 | 2,4   | 72,92  | 457,5   | 209,17 | 60     | 70     | 677,92  | 1547,51 |
| 2012-11-14 | 9,2   | 37,08  | 287,92  | 113,75 | 40,83  | 47,5   | 353,75  | 880,83  |
| 2012-11-15 | 5,9   | 59,17  | 192,08  | 87,5   | 44,17  | 52,5   | 337,92  | 773,34  |
| 2012-11-16 | 7,1   | 38,75  | 371,25  | 118,75 | 48,33  | 60     | 237,5   | 874,58  |
| 2012-11-17 | 5,2   | 37,92  | 391,25  | 111,25 | 40,42  | 49,17  | 142,92  | 772,93  |
| 2012-11-18 | 5     | 62,08  | 427,08  | 120,42 | 45     | 57,92  | 240,83  | 953,33  |
| 2012-11-19 | 5,2   | 150,42 | 390,42  | 172,08 | 56,25  | 59,58  | 545,42  | 1374,17 |
| 2012-11-20 | 7,2   | 198,33 | 310,83  | 104,58 | 49,58  | 53,33  | 568,75  | 1285,4  |
| 2012-11-21 | 7,9   | 225,42 | 270     | 85,42  | 41,25  | 49,58  | 469,17  | 1140,84 |
| 2012-11-22 | 6,9   | 243,33 | 320,42  | 93,75  | 44,58  | 50,83  | 501,25  | 1254,16 |
| 2012-11-23 | 7,1   | 216,25 | 343,75  | 92,92  | 44,17  | 52,08  | 416,25  | 1165,42 |
| 2012-11-24 | 4,3   | 36,67  | 377,92  | 93,33  | 39,17  | 50,83  | 182,08  | 780     |
| 2012-11-25 | 1,5   | 62,92  | 544,58  | 150,83 | 48,75  | 67,08  | 255,42  | 1129,58 |
| 2012-11-26 | 2,1   | 225,42 | 517,5   | 205,42 | 59,17  | 69,58  | 660,42  | 1737,51 |
| 2012-11-27 | 1,8   | 360,42 | 615     | 152,92 | 62,92  | 60,42  | 622,5   | 1874,18 |
| 2012-11-28 | 1,5   | 329,17 | 624,17  | 229,58 | 62,5   | 83,33  | 839,58  | 2168,33 |
| 2012-11-29 | -1,2  | 307,92 | 623,75  | 241,25 | 68,33  | 84,17  | 842,08  | 2167,5  |
| 2012-11-30 | -2,6  | 403,75 | 719,17  | 282,92 | 74,58  | 94,17  | 858,33  | 2432,92 |
| 2012-12-01 | -6,1  | 95,83  | 821,67  | 205,42 | 63,33  | 94,58  | 372,08  | 1652,91 |
| 2012-12-02 | -10,8 | 252,92 | 1024,17 | 337,5  | 71,25  | 102,5  | 494,17  | 2282,51 |
| 2012-12-03 | -14,1 | 806,62 | 1081,25 | 496,67 | 127,92 | 135,42 | 1222,5  | 3870,38 |
| 2012-12-04 | -13,1 | 263,33 | 1025    | 589,17 | 111,25 | 137,08 | 1354,17 | 3480    |
| 2012-12-05 | -7,4  | 603,75 | 892,5   | 461,25 | 98,33  | 123,75 | 1552,08 | 3731,66 |
| 2012-12-06 | -8    | 485,42 | 858,75  | 406,25 | 89,17  | 112,5  | 1410,42 | 3362,51 |
| 2012-12-07 | -7,5  | 450,42 | 890     | 410,42 | 93,33  | 128,75 | 1383,75 | 3356,67 |
| 2012-12-08 | -8,5  | 196,67 | 848,75  | 310,76 | 67,08  | 121,13 | 722,5   | 2266,89 |
| 2012-12-09 | -6,2  | 239,58 | 918,75  | 412,5  | 67,92  | 100,83 | 757,08  | 2496,66 |
| 2012-12-10 | -5,5  | 413,78 | 997,92  | 424,58 | 105    | 111,67 | 1321,25 | 3374,2  |
| 2012-12-11 | -6,4  | 187,92 | 851,33  | 382,5  | 107,55 | 107,5  | 1268,33 | 2905,13 |
| 2012-12-12 | -12,2 | 348,75 | 927,08  | 466,25 | 104,17 | 126,67 | 1552,5  | 3525,42 |
| 2012-12-13 | -11   | 455,83 | 986,67  | 458,33 | 107,92 | 121,67 | 1495    | 3625,42 |
| 2012-12-14 | -7,6  | 357,5  | 992,08  | 450,83 | 98,75  | 124,58 | 1384,17 | 3407,91 |
| 2012-12-15 | -1,2  | 122,5  | 797,08  | 175,42 | 60,42  | 67,5   | 471,25  | 1694,17 |
| 2012-12-16 | 1     | 66,25  | 628,33  | 284,17 | 50     | 84,58  | 551,25  | 1664,58 |
| 2012-12-17 | 0,7   | 151,25 | 669,58  | 291,67 | 69,17  | 84,17  | 956,25  | 2222,09 |
| 2012-12-18 | -1    | 221,67 | 596,67  | 246,67 | 71,67  | 86,25  | 1024,17 | 2247,1  |
| 2012-12-19 | -3,7  | 286,25 | 702,08  | 323,33 | 80     | 99,58  | 1226,25 | 2717,49 |
| 2012-12-20 | -5,9  | 158,33 | 792,5   | 392,5  | 88,75  | 98,75  | 1198,33 | 2729,16 |
| 2012-12-21 | -4,8  | 218,75 | 798,75  | 420    | 93,75  | 113,33 | 993,33  | 2637,91 |
| 2012-12-22 | -4,5  | 210,83 | 960     | 219,58 | 72,08  | 73,33  | 404,58  | 1940,4  |
| 2012-12-23 | -4    | 172,08 | 793,03  | 386,67 | 74,17  | 106,67 | 627,5   | 2160,12 |
| 2012-12-24 | -3,6  | 134,58 | 685,83  | 320,83 | 79,58  | 90     | 620,42  | 1931,24 |
| 2012-12-25 | -1,9  | 180,42 | 650     | 272,92 | 76,25  | 85,83  | 645,83  | 1911,25 |

|            |      |        |        |        |        |        |        |         |
|------------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 2012-12-26 | 1,8  | 172,92 | 614,17 | 225,83 | 72,5   | 76,25  | 588,33 | 1750    |
| 2012-12-27 | -2,8 | 170    | 640,42 | 400,83 | 103,33 | 96,67  | 663,33 | 2074,58 |
| 2012-12-28 | -5   | 209,58 | 828,75 | 407,5  | 130    | 108,75 | 862,92 | 2547,5  |
| 2012-12-29 | 2,2  | 154,17 | 703,33 | 173,75 | 83,77  | 63,75  | 598,31 | 1777,08 |
| 2012-12-30 | 3,8  | 70     | 558,33 | 194,17 | 58,33  | 69,58  | 563,75 | 1514,16 |
| 2012-12-31 | 4    | 134,17 | 455    | 230,42 | 65,83  | 65,42  | 573,75 | 1524,59 |

| 2013       |           | Nya Lab | Montagehall | Maskinverkstad | Lab    | Huvudkontor | Gjuteri | Alla    |
|------------|-----------|---------|-------------|----------------|--------|-------------|---------|---------|
| Datum      | Temp [°C] | Effekt  | Effekt      | Effekt         | Effekt | Effekt      | Effekt  | Total   |
| 2013-01-01 | 3,6       | 65,83   | 470,42      | 165,42         | 65     | 65,83       | 554,58  | 1390,68 |
| 2013-01-02 | -0,8      | 154,58  | 561,67      | 353,75         | 95     | 84,17       | 648,33  | 1896,7  |
| 2013-01-03 | 0,8       | 147,08  | 570,42      | 336,67         | 91,25  | 77,08       | 660     | 1883,3  |
| 2013-01-04 | 1,7       | 75,83   | 502,08      | 281,25         | 87,5   | 75,83       | 631,25  | 1655,44 |
| 2013-01-05 | -0,7      | 180,42  | 557,92      | 179,17         | 75     | 65,42       | 652,65  | 1709,88 |
| 2013-01-06 | -0,5      | 150,42  | 488,75      | 337,92         | 63,75  | 82,92       | 739,17  | 1862,43 |
| 2013-01-07 | 1         | 137,5   | 579,17      | 332,5          | 89,58  | 75,83       | 887     | 2102,58 |
| 2013-01-08 | 1,1       | 143,33  | 531,25      | 260,83         | 65,83  | 74,58       | 865,42  | 1942,34 |
| 2013-01-09 | -0,7      | 201,67  | 577,08      | 320            | 67,5   | 77,92       | 1081,25 | 2324,72 |
| 2013-01-10 | -2,6      | 275,42  | 685,42      | 333,33         | 75     | 92,08       | 1230,42 | 2689,07 |
| 2013-01-11 | -3        | 290     | 712,5       | 357,5          | 78,33  | 94,17       | 1026,67 | 2556,17 |
| 2013-01-12 | -4,2      | 81,67   | 807,92      | 210,42         | 67,08  | 74,17       | 509,58  | 1746,64 |
| 2013-01-13 | -6,3      | 160     | 714,17      | 356,67         | 58,75  | 100         | 726,67  | 2109,96 |
| 2013-01-14 | -5,4      | 204,17  | 796,25      | 439,17         | 87,92  | 105,83      | 1184,17 | 2812,11 |
| 2013-01-15 | -5,8      | 179,58  | 784,58      | 412,5          | 92,08  | 106,67      | 1324,17 | 2893,78 |
| 2013-01-16 | -7,6      | 342,5   | 801,25      | 397,5          | 100,42 | 104,58      | 1244,58 | 2983,23 |
| 2013-01-17 | -4,8      | 213,33  | 758,75      | 381,25         | 90,83  | 102,08      | 1290,83 | 2832,27 |
| 2013-01-18 | -8,1      | 220,83  | 831,67      | 437,5          | 102,92 | 112,5       | 1192,5  | 2889,82 |
| 2013-01-19 | -13       | 250,83  | 997,5       | 256,67         | 91,67  | 86,25       | 634,17  | 2304,09 |
| 2013-01-20 | -5,1      | 185     | 763,75      | 398,75         | 74,17  | 104,58      | 862,5   | 2383,65 |
| 2013-01-21 | -8,2      | 464,17  | 833,75      | 437,5          | 117,92 | 112,5       | 1284,17 | 3241,81 |
| 2013-01-22 | -12,7     | 1177,08 | 920,42      | 464,58         | 125    | 125,83      | 1495,83 | 4296,04 |
| 2013-01-23 | -15,2     | 515     | 1059,17     | 373,39         | 142,92 | 135,83      | 1614,17 | 3825,28 |
| 2013-01-24 | -11,8     | 261,67  | 1009,58     | 661,8          | 129,58 | 121,25      | 1381,25 | 3553,33 |
| 2013-01-25 | -9,9      | 290,42  | 960         | 583,75         | 131,67 | 124,58      | 1290,42 | 3370,94 |
| 2013-01-26 | -3        | 242,08  | 865,42      | 374,58         | 83,75  | 73,75       | 432,5   | 2069,08 |
| 2013-01-27 | -3        | 180,42  | 671,67      | 480,83         | 70,42  | 95,83       | 565,83  | 2062    |
| 2013-01-28 | 2,3       | 157,92  | 597,08      | 308,75         | 88,75  | 80          | 854,58  | 2089,38 |
| 2013-01-29 | 1,5       | 153,33  | 577,92      | 256,67         | 77,92  | 75,83       | 890     | 2033,17 |
| 2013-01-30 | 3,5       | 62,08   | 539,17      | 207,08         | 59,58  | 66,25       | 780,42  | 1718,08 |
| 2013-01-31 | 1,6       | 110,83  | 490,83      | 199,58         | 60,42  | 69,58       | 774,58  | 1707,42 |
| 2013-02-01 | -4,2      | 309,58  | 685,42      | 289,58         | 77,92  | 95          | 940,83  | 2394,13 |
| 2013-02-02 | -6,3      | 219,37  | 825         | 253,33         | 66,67  | 70          | 455     | 1883,07 |
| 2013-02-03 | -3,7      | 166,25  | 666,25      | 344,17         | 53,75  | 92,5        | 584,17  | 1903,39 |
| 2013-02-04 | 0,2       | 285     | 609,17      | 249,58         | 67,08  | 78,75       | 931,67  | 2221,45 |
| 2013-02-05 | -1,9      | 78,75   | 678,33      | 236,67         | 70,83  | 86,67       | 1117,5  | 2266,85 |

|            |       |        |        |        |        |        |         |         |
|------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 2013-02-06 | -1    | 294,17 | 593,75 | 223,75 | 64,17  | 79,58  | 998,75  | 2253,17 |
| 2013-02-07 | -4,1  | 288,75 | 737,92 | 285,83 | 77,5   | 93,75  | 1152,92 | 2632,57 |
| 2013-02-08 | -4,9  | 141,25 | 729,58 | 316,25 | 79,58  | 100,83 | 1092,5  | 2455,09 |
| 2013-02-09 | -7,2  | 245    | 880,42 | 258,33 | 73,75  | 70     | 546,25  | 2066,55 |
| 2013-02-10 | -6,3  | 194,58 | 684,17 | 433,33 | 57,08  | 116,25 | 928,33  | 2407,44 |
| 2013-02-11 | -7,4  | 238,33 | 780    | 355,83 | 93,75  | 112,92 | 1206,67 | 2780,1  |
| 2013-02-12 | -4    | 221,67 | 680,42 | 291,25 | 86,67  | 102,5  | 1096,25 | 2474,76 |
| 2013-02-13 | -4,5  | 231,67 | 760,83 | 312,08 | 100,42 | 102,92 | 1179,17 | 2682,59 |
| 2013-02-14 | -3    | 229,58 | 667,08 | 280,42 | 96,4   | 90,42  | 1064,17 | 2425,07 |
| 2013-02-15 | -0,5  | 270,83 | 540    | 247,92 | 69,17  | 83,75  | 835,83  | 2047    |
| 2013-02-16 | 0,3   | 104,17 | 679,17 | 172,5  | 55,83  | 56,67  | 343,33  | 1411,97 |
| 2013-02-17 | 0,3   | 157,5  | 542,08 | 247,92 | 47,08  | 88,33  | 557,08  | 1640,29 |
| 2013-02-18 | 0     | 308,33 | 489,17 | 223,33 | 65,83  | 75,83  | 894,17  | 2056,66 |
| 2013-02-19 | -3,8  | 455,83 | 622,5  | 333,75 | 75,42  | 97,5   | 1103,75 | 2684,95 |
| 2013-02-20 | -3,6  | 475    | 669,17 | 357,16 | 76,67  | 93,33  | 1123,33 | 2791,06 |
| 2013-02-21 | -8,2  | 404,58 | 722,08 | 325,83 | 82,92  | 102,08 | 1213,75 | 2843,04 |
| 2013-02-22 | -8,2  | 311,67 | 821,67 | 357,5  | 89,17  | 109,17 | 1171,67 | 2852,65 |
| 2013-02-23 | -2,6  | 89,17  | 771,25 | 205,83 | 65,83  | 57,08  | 445,42  | 1631,98 |
| 2013-02-24 | -1,3  | 100,42 | 465    | 346,25 | 43,33  | 100,83 | 734,17  | 1788,7  |
| 2013-02-25 | -1    | 172,08 | 613,75 | 217,92 | 70     | 77,5   | 907,08  | 2057,33 |
| 2013-02-26 | -5,3  | 192,5  | 763,76 | 240,42 | 79,17  | 91,25  | 1057,92 | 2419,72 |
| 2013-02-27 | -3,8  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       | -3,8    |
| 2013-02-28 | -0,6  | 160,42 | 551,67 | 293,75 | 63,33  | 63,75  | 575,42  | 1707,74 |
| 2013-03-01 | 2,6   | 72,75  | 378,75 | 142,75 | 54,75  | 52,25  | 291,25  | 995,1   |
| 2013-03-02 | 2,2   | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       | 2,2     |
| 2013-03-03 | 1,3   | 133,33 | 427,08 | 214,58 | 45,83  | 75,83  | 345,83  | 1243,78 |
| 2013-03-04 | 0,3   | 151,67 | 497,92 | 208,75 | 67,5   | 73,75  | 850     | 1849,89 |
| 2013-03-05 | 0,6   | 116,25 | 450,83 | 159,58 | 63,75  | 70,83  | 1138,68 | 2000,52 |
| 2013-03-06 | 2,2   | 116,67 | 385,42 | 155    | 59,17  | 65,42  | 718,75  | 1502,63 |
| 2013-03-07 | -1,5  | 117,08 | 483,33 | 200,42 | 69,58  | 76,25  | 887,92  | 1833,08 |
| 2013-03-08 | -4    | 187,08 | 617,5  | 247,08 | 79,17  | 86,25  | 896,67  | 2109,75 |
| 2013-03-09 | -4    | 188,75 | 741,25 | 222,08 | 68,75  | 67,08  | 446,25  | 1730,16 |
| 2013-03-10 | -8,2  | 157,5  | 614,17 | 376,25 | 50,42  | 97,92  | 757,08  | 2045,14 |
| 2013-03-11 | -7,5  | 302,08 | 780,42 | 342,5  | 43,75  | 99,58  | 1033,33 | 2594,16 |
| 2013-03-12 | -4,7  | 134,58 | 780,83 | 294,58 | 57,5   | 91,25  | 1128,75 | 2482,79 |
| 2013-03-13 | -7,1  | 221,67 | 549,17 | 327,08 | 57,5   | 101,67 | 1078,33 | 2328,32 |
| 2013-03-14 | -10,8 | 383,33 | 816,67 | 346,25 | 63,33  | 105    | 1230    | 2933,78 |
| 2013-03-15 | -9,6  | 244,17 | 831,67 | 355,42 | 67,92  | 106,25 | 1087,5  | 2683,33 |
| 2013-03-16 | -4,3  | 181,67 | 684,17 | 290,83 | 54,58  | 78,33  | 497,5   | 1782,78 |
| 2013-03-17 | -2,5  | 173,33 | 687,5  | 292,92 | 55,42  | 82,92  | 534,58  | 1824,17 |
| 2013-03-18 | -4,3  | 281,25 | 620,42 | 276,67 | 67,08  | 92,5   | 954,58  | 2288,2  |
| 2013-03-19 | -6,5  | 434,17 | 720,42 | 286,25 | 50,42  | 103,33 | 1151,67 | 2739,76 |
| 2013-03-20 | -5,1  | 398,33 | 728,33 | 268,33 | 70,42  | 100,42 | 1072,92 | 2633,65 |
| 2013-03-21 | -3,7  | 94,58  | 719,17 | 252,08 | 85,83  | 94,58  | 1005,83 | 2248,37 |
| 2013-03-22 | -6,6  | 205,83 | 777,92 | 315    | 74,58  | 108,33 | 996,67  | 2471,73 |
| 2013-03-23 | -4,6  | 235    | 606,94 | 252,5  | 58,19  | 79,58  | 618,89  | 1846,5  |

|            |      |        |        |        |       |       |        |         |
|------------|------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|---------|
| 2013-03-24 | -3,3 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0      | -3,3    |
| 2013-03-25 | -1,8 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0      | -1,8    |
| 2013-03-26 | -0,5 | 358,33 | 493,33 | 193,33 | 55,83 | 75,42 | 759,58 | 1935,32 |
| 2013-03-27 | -2,5 | 356,25 | 572,92 | 198,33 | 62,5  | 79,58 | 800    | 2067,08 |
| 2013-03-28 | -2,3 | 253,33 | 552,92 | 200    | 61,25 | 77,08 | 659,58 | 1801,86 |
| 2013-03-29 | -1,7 | 62,92  | 639,17 | 245,83 | 65    | 84,58 | 370    | 1465,8  |
| 2013-03-30 | -0,9 | 108,02 | 471,25 | 221,46 | 51,98 | 66,04 | 540,42 | 1458,27 |
| 2013-03-31 | -0,6 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0      | -0,6    |
| 2013-04-01 | 0,5  | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0      | 0,5     |
| 2013-04-02 | 1,4  | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0      | 1,4     |
| 2013-04-03 | 1,5  | 227,08 | 380,42 | 150    | 53,33 | 58,33 | 698,33 | 1568,99 |
| 2013-04-04 | 3,1  | 182,5  | 377,92 | 120,42 | 49,17 | 56,67 | 783,66 | 1573,44 |
| 2013-04-05 | 2,8  | 180    | 253,33 | 103,75 | 45,42 | 52,92 | 400,83 | 1039,05 |
| 2013-04-06 | 1,6  | 40,83  | 384,58 | 93,75  | 42,92 | 52,5  | 250,42 | 866,6   |
| 2013-04-07 | 0    | 41,67  | 429,58 | 113,75 | 45    | 59,58 | 344,17 | 1033,75 |
| 2013-04-08 | -0,2 | 277,5  | 454,58 | 174,58 | 58,33 | 66,25 | 767,92 | 1798,96 |
| 2013-04-09 | -0,5 | 353,75 | 330,42 | 133,33 | 56,25 | 65,42 | 726,25 | 1664,92 |
| 2013-04-10 | -0,1 | 789,58 | 405,42 | 153,75 | 56,25 | 72,08 | 754,17 | 2231,15 |
| 2013-04-11 | 2,1  | 304,58 | 336,25 | 191,12 | 50,83 | 66,25 | 815,2  | 1766,33 |
| 2013-04-12 | 2,3  | 222,08 | 287,5  | 144,17 | 51,67 | 71,25 | 436,67 | 1215,64 |
| 2013-04-13 | 1,6  | 42,5   | 402,5  | 142,26 | 42,08 | 68,33 | 237,92 | 937,19  |
| 2013-04-14 | 3,8  | 55,42  | 409,58 | 126,8  | 42,92 | 67,92 | 243,75 | 950,19  |
| 2013-04-15 | 6,9  | 85,42  | 259,58 | 80     | 40    | 47,08 | 357,92 | 876,9   |
| 2013-04-16 | 5,4  | 50     | 275,42 | 88,33  | 48,33 | 57,92 | 438,33 | 963,73  |
| 2013-04-17 | 8,2  | 48,33  | 190,83 | 62,92  | 36,25 | 43,33 | 333,75 | 723,61  |
| 2013-04-18 | 7    | 46,25  | 151,25 | 69,17  | 42,08 | 44,58 | 337,5  | 697,83  |
| 2013-04-19 | 5,2  | 51,67  | 207,92 | 82,92  | 52,5  | 56,25 | 414,58 | 871,04  |
| 2013-04-20 | 4,7  | 78,33  | 285,83 | 57,5   | 38,33 | 40,83 | 189,58 | 695,1   |
| 2013-04-21 | 3,1  | 42,92  | 300,42 | 72,5   | 41,25 | 50,83 | 270,83 | 781,85  |
| 2013-04-22 | 4,5  | 49,58  | 231,67 | 59,58  | 51,25 | 37,08 | 382,5  | 816,16  |
| 2013-04-23 | 8,7  | 44,17  | 180    | 77,08  | 33,75 | 51,25 | 518,33 | 913,28  |
| 2013-04-24 | 6,5  | 48,75  | 176,67 | 70,42  | 45    | 47,08 | 414,58 | 809     |
| 2013-04-25 | 7,3  | 47,92  | 177,92 | 55     | 39,58 | 35,42 | 367,5  | 730,64  |
| 2013-04-26 | 5,3  | 89,58  | 186,67 | 79,17  | 45,42 | 51,67 | 375    | 832,81  |
| 2013-04-27 | 6,4  | 33,75  | 178,33 | 46,67  | 31,25 | 34,58 | 151,25 | 482,23  |
| 2013-04-28 | 5,2  | 35,83  | 247,08 | 53,75  | 35,83 | 36,67 | 180,42 | 594,78  |
| 2013-04-29 | 5,6  | 123,33 | 236,67 | 72,5   | 53,75 | 50,83 | 492,08 | 1034,76 |
| 2013-04-30 | 8,4  | 144,58 | 226,67 | 55,42  | 30    | 38,75 | 350    | 853,82  |
| 2013-05-01 | 6,6  | 42,5   | 154,58 | 51,67  | 37,08 | 39,58 | 315,83 | 647,84  |
| 2013-05-02 | 7,5  | 90,42  | 152,5  | 45,77  | 37,08 | 34,02 | 294,41 | 661,7   |
| 2013-05-03 | 6,1  | 174,58 | 161,67 | 64,17  | 43,75 | 44,17 | 391,67 | 886,11  |
| 2013-05-04 | 8,6  | 42,06  | 223,33 | 45,42  | 35,26 | 38,75 | 125,83 | 519,25  |
| 2013-05-05 | 9,9  | 35,83  | 218,33 | 35,83  | 26,67 | 25,83 | 127,08 | 479,47  |
| 2013-05-06 | 10,2 | 74,58  | 121,67 | 46,25  | 27,5  | 29,17 | 249,58 | 558,95  |
| 2013-05-07 | 12,1 | 121,25 | 100,83 | 30,42  | 17,92 | 20    | 138,33 | 440,85  |
| 2013-05-08 | 12,1 | 112,08 | 58,33  | 35     | 20,83 | 24,17 | 96,67  | 359,18  |

|            |      |        |        |        |       |       |        |        |
|------------|------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
| 2013-05-09 | 11,8 | 41,25  | 36,67  | 26,67  | 17,5  | 24,17 | 74,17  | 232,23 |
| 2013-05-10 | 10,6 | 42,06  | 122,92 | 35     | 23,75 | 30,83 | 80,42  | 345,58 |
| 2013-05-11 | 10,6 | 28,33  | 154,58 | 27,92  | 20    | 24,58 | 32,08  | 298,09 |
| 2013-05-12 | 10,5 | 27,5   | 160,42 | 29,58  | 21,67 | 23,75 | 47,5   | 320,92 |
| 2013-05-13 | 9,6  | 42,5   | 142,5  | 51,67  | 26,67 | 30,42 | 138,33 | 441,69 |
| 2013-05-14 | 7    | 81,67  | 160,83 | 56,25  | 32,08 | 35,83 | 198,33 | 571,99 |
| 2013-05-15 | 10   | 47,08  | 99,17  | 113,75 | 25,42 | 35    | 154,17 | 484,59 |
| 2013-05-16 | 15,8 | 32,08  | 60     | 81,25  | 15,83 | 16,67 | 72,92  | 294,55 |
| 2013-05-17 | 19   | 47,92  | 24,74  | 17,08  | 8,75  | 11,25 | 44,17  | 172,91 |
| 2013-05-18 | 19,3 | 21,67  | 12,5   | 9,58   | 8,33  | 5     | 7,08   | 83,46  |
| 2013-05-19 | 18   | 21,67  | 11,67  | 10     | 8,33  | 4,58  | 6,67   | 80,92  |
| 2013-05-20 | 14,3 | 30,83  | 21,25  | 25,42  | 13,33 | 16,25 | 67,92  | 189,3  |
| 2013-05-21 | 15,6 | 64,79  | 22,92  | 23,33  | 10,83 | 18,33 | 58,12  | 213,92 |
| 2013-05-22 | 14,2 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0      | 14,2   |
| 2013-05-23 | 10   | 101,25 | 44,17  | 42,5   | 24,17 | 34,17 | 113,33 | 369,59 |
| 2013-05-24 | 10,9 | 38,33  | 80,42  | 41,67  | 25,83 | 25,42 | 102,5  | 325,07 |
| 2013-05-25 | 16,2 | 25,42  | 63,33  | 12,92  | 12,92 | 11,25 | 9,58   | 151,62 |
| 2013-05-26 | 17,4 | 22,92  | 16,67  | 12,08  | 12,08 | 9,17  | 6,67   | 96,99  |
| 2013-05-27 | 14,3 | 30,63  | 16,36  | 23,92  | 13,43 | 19,3  | 54,97  | 172,91 |
| 2013-05-28 | 17,2 | 30     | 20,42  | 20,42  | 15,83 | 14,58 | 44,58  | 163,03 |
| 2013-05-29 | 15,7 | 35,83  | 26,25  | 20,42  | 9,17  | 16,67 | 31,25  | 155,29 |
| 2013-05-30 | 17   | 70,42  | 50     | 15,42  | 10,83 | 15    | 18,75  | 197,42 |
| 2013-05-31 | 18,3 | 57,5   | 7,08   | 12,92  | 6,67  | 3,33  | 11,67  | 117,47 |
| 2013-06-01 | 19,4 | 27,5   | 4,58   | 7,5    | 7,08  | 3,12  | 3,33   | 72,51  |
| 2013-06-02 | 17,4 | 22,5   | 4,58   | 7,92   | 7,08  | 2,08  | 5,42   | 66,98  |
| 2013-06-03 | 15,6 | 0      | 0      | 22,09  | 0     | 12,69 | 20,62  | 71     |
| 2013-06-04 | 11,8 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0      | 11,8   |
| 2013-06-05 | 12,5 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0      | 12,5   |
| 2013-06-06 | 16,4 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0      | 16,4   |
| 2013-06-07 | 13,9 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0      | 13,9   |
| 2013-06-08 | 14,6 | 46,64  | 37,89  | 0      | 12,94 | 0     | 0      | 112,07 |
| 2013-06-09 | 13,9 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0      | 13,9   |
| 2013-06-10 | 14,5 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0      | 14,5   |
| 2013-06-11 | 15   | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0      | 15     |
| 2013-06-12 | 14,1 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0      | 14,1   |
| 2013-06-13 | 14,3 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0      | 14,3   |
| 2013-06-14 | 14,9 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0      | 14,9   |
| 2013-06-15 | 14,6 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0      | 14,6   |
| 2013-06-16 | 12,5 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0      | 12,5   |
| 2013-06-17 | 15,7 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0      | 15,7   |
| 2013-06-18 | 15,3 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0      | 15,3   |
| 2013-06-19 | 15,8 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0      | 15,8   |
| 2013-06-20 | 16,8 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0      | 16,8   |
| 2013-06-21 | 19,7 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0      | 19,7   |
| 2013-06-22 | 15,7 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0      | 15,7   |
| 2013-06-23 | 16,3 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0      | 16,3   |

|            |      |       |        |       |       |       |       |        |
|------------|------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 2013-06-24 | 15,8 | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 15,8   |
| 2013-06-25 | 15,7 | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 15,7   |
| 2013-06-26 | 14,3 | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 14,3   |
| 2013-06-27 | 15,9 | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 15,9   |
| 2013-06-28 | 15,9 | 70,56 | 107,42 | 0     | 9,89  | 0     | 0     | 203,77 |
| 2013-06-29 | 14,8 | 25,83 | 10,42  | 12,08 | 10    | 10,83 | 8,75  | 92,71  |
| 2013-06-30 | 13,9 | 25    | 25,83  | 14,58 | 14,58 | 14,17 | 7,92  | 115,98 |
| 2013-07-01 | 16,1 | 30    | 37,7   | 14,19 | 11,76 | 12,16 | 14,59 | 136,5  |
| 2013-07-02 | 14,7 | 30,7  | 89,3   | 18,74 | 11,96 | 14,75 | 23,12 | 203,27 |
| 2013-07-03 | 15,8 | 30,83 | 85     | 15,42 | 13,75 | 10,42 | 9,17  | 180,39 |
| 2013-07-04 | 16,2 | 28,17 | 38,25  | 11,92 | 9,75  | 6,08  | 8,5   | 118,87 |
| 2013-07-05 | 16,7 | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 16,7   |
| 2013-07-06 | 17,4 | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 17,4   |
| 2013-07-07 | 18,3 | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 18,3   |
| 2013-07-08 | 17,8 | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 17,8   |
| 2013-07-09 | 18,1 | 21,67 | 14,17  | 10    | 9,58  | 8,33  | 8,33  | 90,18  |
| 2013-07-10 | 15,6 | 16,25 | 27,08  | 13,75 | 11,67 | 15,42 | 14,17 | 113,94 |
| 2013-07-11 | 15,4 | 22,92 | 19,17  | 13,75 | 15,42 | 10,42 | 10,83 | 107,91 |
| 2013-07-12 | 17   | 22,92 | 30     | 11,25 | 12,99 | 10,42 | 6,67  | 111,25 |
| 2013-07-13 | 19,2 | 21,25 | 6,67   | 7,08  | 7,92  | 3,75  | 2,92  | 68,79  |
| 2013-07-14 | 16   | 21,25 | 9,58   | 9,58  | 9,58  | 7,92  | 5,83  | 79,74  |
| 2013-07-15 | 17,2 | 23,75 | 15     | 11,67 | 9,58  | 10,83 | 7,08  | 95,11  |
| 2013-07-16 | 18,5 | 22,5  | 5      | 10    | 8,33  | 2,5   | 6,67  | 73,5   |
| 2013-07-17 | 20,6 | 21,25 | 5,42   | 8,33  | 7,08  | 2,08  | 5     | 69,76  |
| 2013-07-18 | 21,1 | 21,35 | 12,14  | 7,54  | 6,7   | 2,51  | 5,02  | 76,36  |
| 2013-07-19 | 18,1 | 22,5  | 11,25  | 9,17  | 7,92  | 2,5   | 3,33  | 74,77  |
| 2013-07-20 | 18,3 | 20,83 | 17,45  | 8,75  | 8,75  | 32,92 | 4,58  | 111,58 |
| 2013-07-21 | 20,6 | 19,17 | 4,58   | 6,67  | 6,67  | 2,08  | 2,08  | 61,85  |
| 2013-07-22 | 18,2 | 21,67 | 19,17  | 8,33  | 7,5   | 2,5   | 3,33  | 80,7   |
| 2013-07-23 | 17   | 21,98 | 28,2   | 11,2  | 10,37 | 17,42 | 5,39  | 111,56 |
| 2013-07-24 | 19,7 | 21,25 | 17,08  | 9,17  | 7,5   | 20    | 4,17  | 98,87  |
| 2013-07-25 | 20,7 | 20,83 | 32,92  | 7,92  | 6,67  | 2,08  | 2,5   | 93,62  |
| 2013-07-26 | 21,5 | 20,42 | 5      | 6,25  | 6,25  | 2,5   | 1,67  | 63,59  |
| 2013-07-27 | 20,4 | 19,17 | 4,17   | 5,42  | 6,25  | 2,08  | 1,67  | 59,16  |
| 2013-07-28 | 19,6 | 19,17 | 4,58   | 6,67  | 7,5   | 2,08  | 2,08  | 61,68  |
| 2013-07-29 | 19,9 | 22,08 | 5,42   | 7,92  | 5,42  | 2,08  | 2,92  | 65,74  |
| 2013-07-30 | 17,7 | 22,08 | 25,83  | 11,75 | 7,92  | 2,5   | 3,75  | 91,53  |
| 2013-07-31 | 17,6 | 21,83 | 39,05  | 10,08 | 7,14  | 2,52  | 5,46  | 103,68 |
| 2013-08-01 | 17,6 | 23,24 | 17,01  | 10,37 | 10,79 | 21,16 | 5,39  | 105,56 |
| 2013-08-02 | 18,6 | 21,25 | 6,25   | 33,75 | 7,5   | 2,5   | 4,97  | 94,82  |
| 2013-08-03 | 20,4 | 20    | 4,97   | 6,67  | 7,5   | 2,08  | 2,08  | 63,7   |
| 2013-08-04 | 19   | 19,17 | 4,58   | 7,5   | 6,67  | 2,08  | 2,92  | 61,92  |
| 2013-08-05 | 18,1 | 20    | 25,42  | 11,67 | 7,92  | 2,5   | 5,42  | 91,03  |
| 2013-08-06 | 19,4 | 40    | 5,83   | 10,83 | 7,5   | 2,5   | 3,75  | 89,81  |
| 2013-08-07 | 19,3 | 67,5  | 18,33  | 10,83 | 5,83  | 2,92  | 4,58  | 129,29 |
| 2013-08-08 | 16,2 | 32,92 | 7,5    | 21,76 | 10    | 15,42 | 15,54 | 119,34 |

|            |      |        |        |       |       |       |        |        |
|------------|------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|
| 2013-08-09 | 16,7 | 40,63  | 25,21  | 13,23 | 10,42 | 29,79 | 10,94  | 146,92 |
| 2013-08-10 | 15,8 | 0      | 0      | 0     | 0     | 0     | 0      | 15,8   |
| 2013-08-11 | 15,4 | 0      | 0      | 0     | 0     | 0     | 0      | 15,4   |
| 2013-08-12 | 15,2 | 0      | 0      | 0     | 0     | 0     | 0      | 15,2   |
| 2013-08-13 | 15,2 | 133,75 | 115,42 | 17,08 | 11,25 | 30,83 | 17,92  | 341,45 |
| 2013-08-14 | 13,8 | 78,75  | 99,17  | 17,5  | 12,5  | 25,42 | 29,84  | 276,98 |
| 2013-08-15 | 15,7 | 153,33 | 71,25  | 15,83 | 10,83 | 27,08 | 17,5   | 311,52 |
| 2013-08-16 | 16,4 | 102,5  | 97,5   | 15,83 | 8,33  | 2,92  | 41,25  | 284,73 |
| 2013-08-17 | 17,3 | 25,83  | 112,08 | 12,5  | 11,25 | 2,08  | 52,92  | 233,96 |
| 2013-08-18 | 16,8 | 23,75  | 93,75  | 11,67 | 12,44 | 19,58 | 54,58  | 232,57 |
| 2013-08-19 | 16,5 | 32,92  | 91,67  | 16,67 | 14,3  | 30,83 | 63,75  | 266,64 |
| 2013-08-20 | 16   | 23,75  | 44,58  | 17,08 | 12,5  | 25,83 | 81,25  | 220,99 |
| 2013-08-21 | 15,9 | 25     | 116,25 | 17,08 | 12,08 | 26,67 | 92,5   | 305,48 |
| 2013-08-22 | 15,8 | 25,39  | 52,86  | 24,83 | 12,07 | 25,39 | 84,49  | 240,83 |
| 2013-08-23 | 14,7 | 27,08  | 23,33  | 15,42 | 15,42 | 33,75 | 104,17 | 233,87 |
| 2013-08-24 | 14,8 | 21,25  | 18,33  | 11,67 | 13,33 | 29,17 | 22,5   | 131,05 |
| 2013-08-25 | 14,6 | 19,58  | 19,17  | 9,58  | 12,08 | 22,08 | 20,83  | 117,92 |
| 2013-08-26 | 14,7 | 30,83  | 45,83  | 16,67 | 14,58 | 24,17 | 100    | 246,78 |
| 2013-08-27 | 15,8 | 46,25  | 62,92  | 13,75 | 10    | 21,67 | 73,75  | 244,14 |
| 2013-08-28 | 16,4 | 38,75  | 32,08  | 15    | 9,17  | 24,58 | 75,83  | 211,81 |
| 2013-08-29 | 15,5 | 55,42  | 11,25  | 16,67 | 10,42 | 19,58 | 106,67 | 235,51 |
| 2013-08-30 | 15,4 | 43,33  | 6,25   | 18,33 | 8,33  | 15,42 | 108,33 | 215,39 |
| 2013-08-31 | 15,2 | 25,83  | 17,92  | 17,92 | 10,83 | 39,58 | 59,17  | 186,45 |
| 2013-09-01 | 12,4 | 29,17  | 55     | 20    | 18,75 | 34,17 | 98,75  | 268,24 |
| 2013-09-02 | 12,8 | 42,08  | 27,5   | 27,08 | 13,33 | 41,25 | 163,75 | 327,79 |
| 2013-09-03 | 13,1 | 79,58  | 158,75 | 45,42 | 18,75 | 30    | 158,33 | 503,93 |
| 2013-09-04 | 13,7 | 95,24  | 62,94  | 22,36 | 8,7   | 40,17 | 145,34 | 388,45 |
| 2013-09-05 | 15   | 133,33 | 18,75  | 20    | 10    | 30,42 | 118,75 | 346,25 |
| 2013-09-06 | 16   | 57,08  | 21,67  | 19,17 | 8,75  | 27,92 | 72,5   | 223,09 |
| 2013-09-07 | 16,7 | 25     | 15,83  | 14,17 | 7,08  | 26,25 | 32,92  | 137,95 |
| 2013-09-08 | 15,5 | 24,17  | 45,42  | 11,25 | 9,17  | 12,92 | 20     | 138,43 |
| 2013-09-09 | 15,7 | 34,17  | 28,75  | 20    | 9,58  | 25,83 | 79,71  | 213,74 |
| 2013-09-10 | 15,1 | 54,17  | 68,75  | 23,75 | 10    | 50    | 133,77 | 355,54 |
| 2013-09-11 | 14,1 | 58,74  | 40,7   | 23,08 | 11,33 | 46,57 | 160,7  | 355,22 |
| 2013-09-12 | 13,6 | 91,25  | 131,25 | 26,25 | 15    | 39,17 | 167,5  | 484,02 |
| 2013-09-13 | 14,8 | 62,08  | 60,83  | 17,08 | 10    | 39,17 | 94,58  | 298,54 |
| 2013-09-14 | 15   | 57,5   | 13,75  | 15,63 | 7,92  | 26,04 | 56,88  | 192,72 |
| 2013-09-15 | 15,4 | 27,92  | 0      | 0     | 9,58  | 0     | 0      | 52,9   |
| 2013-09-16 | 12,9 | 28,75  | 92,08  | 32,5  | 19,17 | 71,67 | 0      | 257,07 |
| 2013-09-17 | 11,6 | 28,33  | 136,67 | 38,75 | 22,08 | 65,42 | 371,87 | 674,72 |
| 2013-09-18 | 11,4 | 45,49  | 64,31  | 70,59 | 18,82 | 65,1  | 206,62 | 482,33 |
| 2013-09-19 | 9,6  | 139,58 | 87,08  | 41,08 | 22,92 | 53,33 | 0      | 353,59 |
| 2013-09-20 | 8,9  | 98,71  | 86,26  | 0     | 24,46 | 39,57 | 287,74 | 545,64 |
| 2013-09-21 | 10,5 | 26,67  | 61,25  | 31,25 | 22,08 | 49,17 | 97,5   | 298,42 |
| 2013-09-22 | 12,9 | 24,58  | 43,33  | 21,67 | 15    | 45,42 | 81,25  | 244,15 |
| 2013-09-23 | 10,5 | 28,33  | 106,67 | 63,12 | 25,42 | 60,31 | 365,21 | 659,56 |

|            |      |        |        |        |       |        |        |         |
|------------|------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|---------|
| 2013-09-24 | 7,5  | 110,42 | 179,58 | 0      | 33,75 | 0      | 0      | 331,25  |
| 2013-09-25 | 3,9  | 151,25 | 322,08 | 0      | 49,17 | 0      | 0      | 526,4   |
| 2013-09-26 | 3,9  | 200,42 | 397,5  | 0      | 45,42 | 0      | 0      | 647,24  |
| 2013-09-27 | 5,7  | 104,58 | 379,58 | 68,75  | 42,08 | 0      | 326,67 | 927,36  |
| 2013-09-28 | 7,5  | 32,08  | 348,33 | 59,58  | 33,33 | 106,92 | 162,08 | 749,82  |
| 2013-09-29 | 6,5  | 28,33  | 293,33 | 51,67  | 29,17 | 57,08  | 161,67 | 627,75  |
| 2013-09-30 | 6,1  | 35,83  | 303,33 | 67,5   | 40,83 | 66,67  | 367,08 | 887,34  |
| 2013-10-01 | 4,6  | 204,58 | 293,75 | 70,83  | 41,67 | 66,25  | 424,17 | 1105,85 |
| 2013-10-02 | 5,5  | 214,58 | 305,83 | 58,33  | 37,92 | 66,67  | 398,33 | 1087,16 |
| 2013-10-03 | 4,6  | 141,25 | 262,08 | 42,92  | 41,25 | 64,17  | 381,67 | 937,94  |
| 2013-10-04 | 8,8  | 133,75 | 217,5  | 56,67  | 34,17 | 67,92  | 284,17 | 802,98  |
| 2013-10-05 | 10,6 | 31,67  | 233,75 | 44,17  | 25,83 | 72,08  | 115,42 | 533,52  |
| 2013-10-06 | 11,2 | 26,25  | 170    | 29,58  | 21,25 | 55     | 0      | 313,28  |
| 2013-10-07 | 14,5 | 52,92  | 76,67  | 30     | 17,92 | 45     | 161,67 | 398,68  |
| 2013-10-08 | 14,2 | 64,58  | 85,83  | 27,92  | 15,42 | 51,25  | 185,83 | 445,03  |
| 2013-10-09 | 13,1 | 65,79  | 174,05 | 32,48  | 19,15 | 64,54  | 232,76 | 601,87  |
| 2013-10-10 | 8,4  | 140,6  | 248,5  | 90,74  | 32,7  | 59,26  | 335,97 | 916,17  |
| 2013-10-11 | 5,8  | 198,75 | 287,92 | 81,25  | 39,58 | 61,25  | 287,92 | 962,47  |
| 2013-10-12 | 6,7  | 33,33  | 267,92 | 70     | 33,33 | 63,75  | 160,42 | 635,45  |
| 2013-10-13 | 7,5  | 30     | 247,5  | 80,84  | 30    | 53,33  | 139,58 | 588,75  |
| 2013-10-14 | 8,5  | 29,77  | 211,34 | 54,43  | 36,57 | 62,93  | 316,37 | 719,91  |
| 2013-10-15 | 6,6  | 33,33  | 307,08 | 70,42  | 40    | 62,08  | 386,67 | 906,18  |
| 2013-10-16 | 4,7  | 36,74  | 373,11 | 78,03  | 47,73 | 67,42  | 466,67 | 1074,4  |
| 2013-10-17 | 6,7  | 35,05  | 317,76 | 67,33  | 42,43 | 59,03  | 384,63 | 912,93  |
| 2013-10-18 | 2,3  | 41,52  | 378,69 | 88,44  | 55,64 | 65,19  | 429,76 | 1061,54 |
| 2013-10-19 | 0,6  | 45,42  | 421,67 | 107,08 | 67,08 | 73,75  | 312,5  | 1028,1  |
| 2013-10-20 | 1,8  | 42,5   | 422,5  | 79,17  | 45,57 | 57,5   | 396,67 | 1045,71 |
| 2013-10-21 | 3,7  | 51,25  | 437,08 | 92,08  | 53,75 | 69,17  | 912,89 | 1619,92 |
| 2013-10-22 | 7,9  | 50,42  | 392,08 | 66,25  | 44,58 | 73,75  | 392,5  | 1027,48 |
| 2013-10-23 | 12,8 | 41,25  | 220,42 | 36,67  | 25,42 | 71,25  | 295,83 | 703,64  |
| 2013-10-24 | 11,2 | 46,67  | 257,92 | 49,58  | 26,25 | 65     | 571,13 | 1027,75 |
| 2013-10-25 | 8,4  | 137,5  | 324,17 | 57,08  | 33,75 | 63,33  | 297,08 | 921,31  |
| 2013-10-26 | 11   | 25     | 181,67 | 43,33  | 26,67 | 78,33  | 165,42 | 531,42  |
| 2013-10-27 | 11,7 | 31,67  | 225,42 | 32,92  | 23,75 | 45,42  | 115    | 485,88  |
| 2013-10-28 | 9,9  | 40,42  | 201,25 | 57,5   | 30,83 | 64,58  | 407,92 | 812,4   |
| 2013-10-29 | 9,1  | 37,08  | 183,75 | 62,92  | 32,08 | 61,25  | 645,56 | 1031,74 |
| 2013-10-30 | 4,4  | 101,25 | 245,83 | 90,42  | 46,25 | 62,5   | 535    | 1085,65 |
| 2013-10-31 | 7,4  | 42,5   | 351,67 | 65,42  | 46,25 | 64,17  | 577,2  | 1154,61 |
| 2013-11-01 | 8,1  | 137,08 | 265,83 | 68,33  | 40,83 | 64,58  | 284,17 | 868,92  |
| 2013-11-02 | 6,3  | 46,33  | 341,67 | 64,38  | 38,75 | 60     | 196,87 | 754,3   |
| 2013-11-03 | 6,1  | 35,42  | 341,67 | 0      | 36,25 | 0      | 0      | 419,44  |
| 2013-11-04 | 7,8  | 47,5   | 318,75 | 76,67  | 40,83 | 68,33  | 422,08 | 981,96  |
| 2013-11-05 | 3,8  | 72,08  | 298,33 | 85,83  | 47,92 | 62,92  | 488,33 | 1059,21 |
| 2013-11-06 | 1,9  | 257,02 | 451,38 | 97,39  | 56,32 | 67,75  | 589,41 | 1521,17 |
| 2013-11-07 | 4,1  | 174,74 | 381,37 | 87,78  | 51,35 | 69,57  | 574,74 | 1343,65 |
| 2013-11-08 | 7    | 45     | 293,75 | 72,92  | 47,92 | 68,33  | 349,58 | 884,5   |

|            |      |        |        |        |       |        |        |         |
|------------|------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|---------|
| 2013-11-09 | 5,4  | 42,92  | 342,08 | 106,25 | 40,42 | 71,67  | 255,42 | 864,16  |
| 2013-11-10 | 2,4  | 39,58  | 365,42 | 140    | 42,92 | 53,33  | 295,42 | 939,07  |
| 2013-11-11 | 1,8  | 107,5  | 570,42 | 67,5   | 69,58 | 49,58  | 711,25 | 1577,63 |
| 2013-11-12 | 7,7  | 163,37 | 307,37 | 149,05 | 40,84 | 101,89 | 254,32 | 1024,54 |
| 2013-11-13 | 4,5  | 234,58 | 305,83 | 98,33  | 47,92 | 70,42  | 367,92 | 1129,5  |
| 2013-11-14 | 4,4  | 219,17 | 405    | 84,17  | 51,25 | 70,42  | 330,83 | 1165,24 |
| 2013-11-15 | 7,7  | 64,58  | 292,5  | 73,75  | 43,75 | 81,67  | 285,83 | 849,78  |
| 2013-11-16 | 10,3 | 35,42  | 245    | 74,37  | 31,25 | 62,08  | 176,87 | 635,29  |
| 2013-11-17 | 5,3  | 32,08  | 322,08 | 0      | 35,42 | 0      | 0      | 394,88  |
| 2013-11-18 | 5,5  | 158,98 | 439,37 | 246,94 | 52,44 | 67,72  | 267,58 | 1238,53 |
| 2013-11-19 | 4,8  | 47,5   | 354,17 | 296,67 | 50,42 | 72,08  | 490,62 | 1316,26 |
| 2013-11-20 | -1,5 | 57,5   | 593,33 | 430,42 | 70,42 | 77,08  | 0      | 1227,25 |
| 2013-11-21 | 0    | 54,17  | 548,75 | 420,83 | 66,67 | 75,83  | 595,42 | 1761,67 |
| 2013-11-22 | -3,4 | 54,12  | 643,42 | 165,79 | 68,35 | 83,93  | 620,88 | 1633,09 |
| 2013-11-23 | -3,1 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0      | 0      | -3,1    |
| 2013-11-24 | -1,7 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0      | 0      | -1,7    |
| 2013-11-25 | -0,7 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0      | 0      | -0,7    |
| 2013-11-26 | -0,4 | 63,75  | 609,17 | 0      | 75    | 74,63  | 0      | 822,15  |
| 2013-11-27 | 5,6  | 47,41  | 324,76 | 0      | 46,99 | 0      | 0      | 424,76  |
| 2013-11-28 | 5,7  | 77,62  | 283,22 | 0      | 49,09 | 80,56  | 0      | 496,19  |
| 2013-11-29 | 0,2  | 109,8  | 440,87 | 0      | 57,87 | 73,6   | 0      | 682,34  |
| 2013-11-30 | -1,4 | 0      | 0      | 0      | 0     | 0      | 0      | -1,4    |
| 2013-12-01 | 5,1  | 0      | 0      | 0      | 0     | 0      | 0      | 5,1     |
| 2013-12-02 | 1    | 0      | 0      | 0      | 61,36 | 50,11  | 0      | 112,47  |
| 2013-12-03 | 7,1  | 0      | 0      | 0      | 44,77 | 0      | 0      | 51,87   |
| 2013-12-04 | 3,5  | 0      | 0      | 0      | 52,95 | 0      | 0      | 56,45   |
| 2013-12-05 | 3,8  | 0      | 0      | 0      | 56,67 | 0      | 0      | 60,47   |
| 2013-12-06 | -1,5 | 435    | 474,58 | 0      | 70,42 | 0      | 0      | 978,5   |
| 2013-12-07 | -4   | 53,33  | 0      | 0      | 62,5  | 100,83 | 0      | 212,66  |
| 2013-12-08 | -5,5 | 54,17  | 0      | 0      | 61,25 | 82,08  | 0      | 192     |
| 2013-12-09 | -2,3 | 305    | 0      | 0      | 83,33 | 0      | 0      | 386,03  |
| 2013-12-10 | 3,5  | 290,87 | 0      | 0      | 51,93 | 0      | 0      | 346,3   |
| 2013-12-11 | 4,3  | 322,44 | 402,14 | 0      | 53,59 | 0      | 0      | 782,47  |
| 2013-12-12 | 6,3  | 49,61  | 0      | 0      | 0     | 76,95  | 0      | 132,86  |
| 2013-12-13 | 0,5  | 50,83  | 0      | 0      | 0     | 0      | 0      | 51,33   |
| 2013-12-14 | 1,9  | 50     | 0      | 0      | 0     | 0      | 0      | 51,9    |
| 2013-12-15 | 4,5  | 42,92  | 467,5  | 0      | 0     | 64,58  | 0      | 579,5   |
| 2013-12-16 | 6,8  | 0      | 423,26 | 0      | 51,3  | 73,73  | 0      | 555,09  |
| 2013-12-17 | 3,8  | 0      | 0      | 0      | 0     | 0      | 0      | 3,8     |
| 2013-12-18 | 2,2  | 0      | 0      | 0      | 0     | 70     | 0      | 72,2    |
| 2013-12-19 | 4,6  | 290,83 | 0      | 0      | 0     | 72,5   | 0      | 367,93  |
| 2013-12-20 | 4    | 311,29 | 421,55 | 0      | 57,12 | 0      | 0      | 793,96  |
| 2013-12-21 | 5,8  | 47,08  | 0      | 0      | 0     | 0      | 0      | 52,88   |
| 2013-12-22 | 5,9  | 43,75  | 0      | 0      | 0     | 61,67  | 0      | 111,32  |
| 2013-12-23 | 4,3  | 0      | 0      | 0      | 0     | 0      | 0      | 4,3     |
| 2013-12-24 | 6    | 52,5   | 0      | 76,25  | 0     | 0      | 426,67 | 561,42  |

|            |     |   |        |        |       |       |        |         |
|------------|-----|---|--------|--------|-------|-------|--------|---------|
| 2013-12-25 | 5,9 | 0 | 403,32 | 53,47  | 63,33 | 0     | 293,07 | 819,09  |
| 2013-12-26 | 4   | 0 | 0      | 0      | 0     | 0     | 0      | 4       |
| 2013-12-27 | 2,4 | 0 | 0      | 375,91 | 53,33 | 76,25 | 1060,1 | 1567,99 |
| 2013-12-28 | 6,2 | 0 | 0      | 97,5   | 0     | 0     | 398,75 | 502,45  |
| 2013-12-29 | 4,6 | 0 | 0      | 185    | 0     | 0     | 589,17 | 778,77  |
| 2013-12-30 | 1,2 | 0 | 0      | 89,17  | 66,67 | 0     | 460,42 | 617,46  |
| 2013-12-31 | 5,2 | 0 | 426,99 | 88,33  | 0     | 0     | 520,42 | 1040,94 |

## Bilaga C: Effekter, temperaturer och tryckfall för värmeväxlare CHR-HT

Reella effekter, temperaturer och tryckfall vid förvärmning av förbränningsluft och make-up air simulerade med värmeväxlaren CHR-HT presenteras i figur C1-C10 (Saikkonen 2014). Värmeväxlaren syns i figur C11.

|                |      |                                        |                                            |
|----------------|------|----------------------------------------|--------------------------------------------|
| Author OSA     |      | 122 kW                                 |                                            |
| Project DCT1   |      | 0,4 MBtu/h                             |                                            |
| $\dot{m}_{EX}$ | 1,53 | kg <sub>DA</sub> /s                    | 63,9 °C dew temp.                          |
| $T_{EX}$       | 270  | 214,6 °C                               | 124 Pa                                     |
| $x_{EX}$       | 192  | 192,0 g <sub>W</sub> /kg <sub>DA</sub> | 8,0 m/s 14_20 !!                           |
| $\dot{m}_{SU}$ | 0,86 | kg <sub>DA</sub> /s                    |                                            |
| $T_{SU}$       | 20   | 158,0 °C                               | 235 Pa                                     |
| $x_{SU}$       | 5    | 5 g <sub>W</sub> /kg <sub>DA</sub>     | 4,0 m/s OK                                 |
| 1,5            | 1    | ▼ Depth m                              | m <sup>3</sup> /s in m <sup>3</sup> /s out |
| 3              | 1    | ▼ Height m                             | 3,09 2,77                                  |
| 1              | 1    | ▼ Width m                              | 0,72 1,06                                  |
| 2              | 2    | ▼ Passes                               |                                            |

Figur C1. #478 DCT (1)

|                |      |                                        |                                            |
|----------------|------|----------------------------------------|--------------------------------------------|
| Author OSA     |      | 102 kW                                 |                                            |
| Project DCT2   |      | 0,3 MBtu/h                             |                                            |
| $\dot{m}_{EX}$ | 1,47 | kg <sub>DA</sub> /s                    | 67,7 °C dew temp.                          |
| $T_{EX}$       | 235  | 189,2 °C                               | 110 Pa                                     |
| $x_{EX}$       | 240  | 240,0 g <sub>W</sub> /kg <sub>DA</sub> | 7,6 m/s 14_20 !!                           |
| $\dot{m}_{SU}$ | 0,83 | kg <sub>DA</sub> /s                    |                                            |
| $T_{SU}$       | 20   | 140,2 °C                               | 213 Pa                                     |
| $x_{SU}$       | 5    | 5 g <sub>W</sub> /kg <sub>DA</sub>     | 3,9 m/s OK                                 |
| 1,5            | 1    | ▼ Depth m                              | m <sup>3</sup> /s in m <sup>3</sup> /s out |
| 3              | 1    | ▼ Height m                             | 2,94 2,67                                  |
| 1              | 1    | ▼ Width m                              | 0,69 0,98                                  |
| 2              | 2    | ▼ Passes                               |                                            |

Figur C2. #478 DCT (2)

|                |      |                                        |                                            |
|----------------|------|----------------------------------------|--------------------------------------------|
| Author OSA     |      | 102 kW                                 |                                            |
| Project NTT1   |      | 0,3 MBtu/h                             |                                            |
| $\dot{m}_{EX}$ | 1,85 | kg <sub>DA</sub> /s                    | 56,2 °C dew temp.                          |
| $T_{EX}$       | 208  | 165,1 °C                               | 147 Pa                                     |
| $x_{EX}$       | 123  | 123,0 g <sub>W</sub> /kg <sub>DA</sub> | 7,8 m/s 14_20 !!                           |
| $\dot{m}_{SU}$ | 1,03 | kg <sub>DA</sub> /s                    |                                            |
| $T_{SU}$       | 20   | 117,0 °C                               | 306 Pa                                     |
| $x_{SU}$       | 5    | 5 g <sub>W</sub> /kg <sub>DA</sub>     | 4,8 m/s OK                                 |
| 1,5            | 1    | ▼ Depth m                              | m <sup>3</sup> /s in m <sup>3</sup> /s out |
| 3              | 1    | ▼ Height m                             | 3,02 2,75                                  |
| 1              | 1    | ▼ Width m                              | 0,86 1,15                                  |
| 2              | 2    | ▼ Passes                               |                                            |

Figur C3. #453 NTT (1)

|                |      |                                        |                                            |
|----------------|------|----------------------------------------|--------------------------------------------|
| Author OSA     |      | 114 kW                                 |                                            |
| Project NTT2   |      | 0,4 MBtu/h                             |                                            |
| $\dot{m}_{EX}$ | 1,59 | kg <sub>DA</sub> /s                    | 61,4 °C dew temp.                          |
| $T_{EX}$       | 251  | 199,1 °C                               | 125 Pa                                     |
| $x_{EX}$       | 166  | 166,0 g <sub>W</sub> /kg <sub>DA</sub> | 7,7 m/s 14_20 !!                           |
| $\dot{m}_{SU}$ | 0,89 | kg <sub>DA</sub> /s                    |                                            |
| $T_{SU}$       | 20   | 144,3 °C                               | 245 Pa                                     |
| $x_{SU}$       | 5    | 5 g <sub>W</sub> /kg <sub>DA</sub>     | 4,2 m/s OK                                 |
| 1,5            | 1    | ▼ Depth m                              | m <sup>3</sup> /s in m <sup>3</sup> /s out |
| 3              | 1    | ▼ Height m                             | 2,98 2,69                                  |
| 1              | 1    | ▼ Width m                              | 0,74 1,06                                  |
| 2              | 2    | ▼ Passes                               |                                            |

Figur C4. #453 NTT (2)

|                 |      |                                       |                                            |
|-----------------|------|---------------------------------------|--------------------------------------------|
| Author OSA      |      | 59 kW                                 |                                            |
| Project TAD1 YH |      | 0,2 MBtu/h                            |                                            |
| m <sub>EX</sub> | 2,27 | kg <sub>DA</sub> /s                   | 23,2 °C dew temp.                          |
| T <sub>EX</sub> | 120  | 95,7 °C                               | 162 Pa                                     |
| x <sub>EX</sub> | 18   | 18,0 g <sub>W</sub> /kg <sub>DA</sub> | 6,7 m/s 14_20 !!                           |
| m <sub>SU</sub> | 1,25 | kg <sub>DA</sub> /s                   |                                            |
| T <sub>SU</sub> | 20   | 66,1 °C                               | 399 Pa                                     |
| x <sub>SU</sub> | 5    | 5 g <sub>W</sub> /kg <sub>DA</sub>    | 5,9 m/s 2,5_5,5 !                          |
| 1,5             | 1    | ▼ Depth m                             | m <sup>3</sup> /s in m <sup>3</sup> /s out |
| 3               | 1    | ▼ Height m                            | 2,60 2,44                                  |
| 1               | 1    | ▼ Width m                             | 1,05 1,21                                  |
| 2               | 2    | ▼ Passes                              |                                            |

Figur C5. #461 TAD (1) YH

|                 |      |                                       |                                            |
|-----------------|------|---------------------------------------|--------------------------------------------|
| Author OSA      |      | 66 kW                                 |                                            |
| Project TAD2 YH |      | 0,2 MBtu/h                            |                                            |
| m <sub>EX</sub> | 2,64 | kg <sub>DA</sub> /s                   | 28,5 °C dew temp.                          |
| T <sub>EX</sub> | 118  | 94,6 °C                               | 212 Pa                                     |
| x <sub>EX</sub> | 25   | 25,0 g <sub>W</sub> /kg <sub>DA</sub> | 7,8 m/s 14_20 !!                           |
| m <sub>SU</sub> | 1,45 | kg <sub>DA</sub> /s                   |                                            |
| T <sub>SU</sub> | 20   | 64,9 °C                               | 528 Pa                                     |
| x <sub>SU</sub> | 5    | 5 g <sub>W</sub> /kg <sub>DA</sub>    | 6,8 m/s 2,5_5,5 !                          |
| 1,5             | 1    | ▼ Depth m                             | m <sup>3</sup> /s in m <sup>3</sup> /s out |
| 3               | 1    | ▼ Height m                            | 3,04 2,86                                  |
| 1               | 1    | ▼ Width m                             | 1,22 1,40                                  |
| 2               | 2    | ▼ Passes                              |                                            |

Figur C6. #505 TAD (2) YH

|                 |      |                                        |                                            |
|-----------------|------|----------------------------------------|--------------------------------------------|
| Author OSA      |      | 162 kW                                 |                                            |
| Project TAD1 1  |      | 0,6 MBtu/h                             |                                            |
| m <sub>EX</sub> | 5,87 | kg <sub>DA</sub> /s                    | 55,2 °C dew temp.                          |
| T <sub>EX</sub> | 89   | 75,6 °C                                | 868 Pa                                     |
| x <sub>EX</sub> | 116  | 111,9 g <sub>W</sub> /kg <sub>DA</sub> | 18,4 m/s OK                                |
| m <sub>SU</sub> | 5,90 | kg <sub>DA</sub> /s                    |                                            |
| T <sub>SU</sub> | 20   | 47,2 °C                                | 7166 Pa                                    |
| x <sub>SU</sub> | 5    | 5 g <sub>W</sub> /kg <sub>DA</sub>     | 27,8 m/s 2,5_5,5 !                         |
| 1,5             | 1    | ▼ Depth m                              | m <sup>3</sup> /s in m <sup>3</sup> /s out |
| 3               | 1    | ▼ Height m                             | 7,14 6,84                                  |
| 1               | 1    | ▼ Width m                              | 4,94 5,40                                  |
| 2               | 2    | ▼ Passes                               |                                            |

Figur C7. #461 TAD (1) 1

|                 |      |                                       |                                            |
|-----------------|------|---------------------------------------|--------------------------------------------|
| Author OSA      |      | 86 kW                                 |                                            |
| Project TAD1 2  |      | 0,3 MBtu/h                            |                                            |
| m <sub>EX</sub> | 2,68 | kg <sub>DA</sub> /s                   | 47,7 °C dew temp.                          |
| T <sub>EX</sub> | 99   | 77,5 °C                               | 212 Pa                                     |
| x <sub>EX</sub> | 76   | 73,3 g <sub>W</sub> /kg <sub>DA</sub> | 8,2 m/s 14_20 !!                           |
| m <sub>SU</sub> | 2,70 | kg <sub>DA</sub> /s                   |                                            |
| T <sub>SU</sub> | 20   | 51,5 °C                               | 1652 Pa                                    |
| x <sub>SU</sub> | 5    | 5 g <sub>W</sub> /kg <sub>DA</sub>    | 12,7 m/s 2,5_5,5 !                         |
| 1,5             | 1    | ▼ Depth m                             | m <sup>3</sup> /s in m <sup>3</sup> /s out |
| 3               | 1    | ▼ Height m                            | 3,17 2,98                                  |
| 1               | 1    | ▼ Width m                             | 2,26 2,51                                  |
| 2               | 2    | ▼ Passes                              |                                            |

Figur C8. #461 TAD (1) 2

|                 |      |                                       |                                            |
|-----------------|------|---------------------------------------|--------------------------------------------|
| Author OSA      |      | 109 kW                                |                                            |
| Project TAD2 1  |      | 0,4 MBtu/h                            |                                            |
| m <sub>EX</sub> | 4,36 | kg <sub>DA</sub> /s                   | 52,5 °C dew temp.                          |
| T <sub>EX</sub> | 70   | 61,9 °C                               | 479 Pa                                     |
| x <sub>EX</sub> | 100  | 94,2 g <sub>W</sub> /kg <sub>DA</sub> | 12,7 m/s 14_20 !!                          |
| m <sub>SU</sub> | 4,38 | kg <sub>DA</sub> /s                   |                                            |
| T <sub>SU</sub> | 20   | 44,5 °C                               | 4080 Pa                                    |
| x <sub>SU</sub> | 5    | 5 g <sub>W</sub> /kg <sub>DA</sub>    | 20,7 m/s 2,5_5,5 !                         |
| 1,5             | 1    | ▼ Depth m                             | m <sup>3</sup> /s in m <sup>3</sup> /s out |
| 3               | 1    | ▼ Height m                            | 4,92 4,77                                  |
| 1               | 1    | ▼ Width m                             | 3,67 3,98                                  |
| 2               | 2    | ▼ Passes                              |                                            |

Figur C9. #505 TAD (2) 1

|                 |      |                                       |                                            |
|-----------------|------|---------------------------------------|--------------------------------------------|
| Author OSA      |      | 34 kW                                 |                                            |
| Project TAD2 2  |      | 0,1 MBtu/h                            |                                            |
| m <sub>EX</sub> | 1,31 | kg <sub>DA</sub> /s                   | 50,7 °C dew temp.                          |
| T <sub>EX</sub> | 75   | 62,6 °C                               | 55 Pa                                      |
| x <sub>EX</sub> | 90   | 85,7 g <sub>W</sub> /kg <sub>DA</sub> | 3,8 m/s 14_20 !!                           |
| m <sub>SU</sub> | 1,32 | kg <sub>DA</sub> /s                   |                                            |
| T <sub>SU</sub> | 20   | 45,6 °C                               | 428 Pa                                     |
| x <sub>SU</sub> | 5    | 5 g <sub>W</sub> /kg <sub>DA</sub>    | 6,2 m/s 2,5_5,5 !                          |
| 1,5             | 1    | ▼ Depth m                             | m <sup>3</sup> /s in m <sup>3</sup> /s out |
| 3               | 1    | ▼ Height m                            | 1,48 1,41                                  |
| 1               | 1    | ▼ Width m                             | 1,11 1,20                                  |
| 2               | 2    | ▼ Passes                              |                                            |

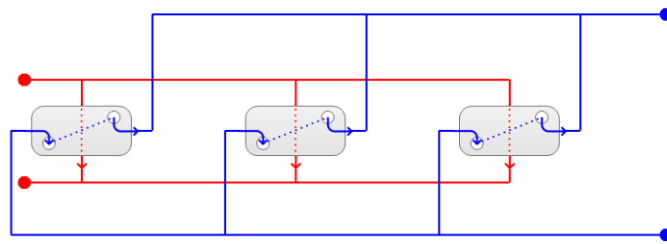
Figur C10. #505 TAD (2) 2



Figur C11. Värmeväxlare CHR-HT.

## Bilaga D: Effekter, temperaturer och tryckfall för värmeväxlare Cross30-C-140

Reella effekter, temperaturer och tryckfall vid uppvärmning av radiatorvattnet simulerade med tre moduler av värmeväxlaren Cross30-C-140 (Blücher 2014) visas i simuleringsprotokoll nedan. Konfigurationen visas i figur D1.



Figur D1. Konfiguration 3 x Cross30-C-140 för luft/vattenvärmeväxling.



# AIREC

Airec  
AirecCalc 1.3

**Our reference** Johan L. Blücher

**Date** 2014-05-05

|                               |                          |                       |             |
|-------------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------|
| <b>Fouling factor</b>         | 0,0%                     |                       |             |
| <b>Heat transferred</b>       | 591,56 kW                |                       |             |
| <b>Temperature Efficiency</b> | 55,3%                    |                       |             |
| <b>Max plate temperature</b>  | 95,4 °C                  |                       |             |
| <b>Customer</b>               | Processor AB             | <b>Your reference</b> | Per Ejefors |
| <b>Project</b>                | Valmet (torkluft exjobb) | <b>ID-number</b>      | 1123        |

## Heat exchanger

|                       |                        |                                  |
|-----------------------|------------------------|----------------------------------|
|                       | <b>Module</b>          | <b>Assembly</b>                  |
| <b>Heat Exchanger</b> | 3xCross30-C-140-G1,25L | FD3-NS1-PA1-PB1 (Countercurrent) |

### Warnings

Extrapolated single phase properties side B

## Application data

|                           |               |                      |
|---------------------------|---------------|----------------------|
| <b>Fluid A</b>            |               | <b>Fluid B</b>       |
| Single phase              |               | Gas with condensable |
| Water                     |               | Air (humid)          |
|                           | <b>Side A</b> | <b>Side B</b>        |
| <b>Flow rate</b>          | 5 kg/s        | 1,827 kg/s           |
| <b>Operating pressure</b> | 4 bar         | 1 bar                |
| <b>Temperature In</b>     | 35 °C         | 270 °C               |
| <b>Temperature Out</b>    | 63,3 °C       | 140,15 °C            |
| <b>Pressure drop</b>      | 55,15 mbar    | 12,51 mbar           |
| <b>Condensable In</b>     |               | 0,192 kg/kg          |
| <b>Condensable Out</b>    |               | 0,11637 kg/kg        |
| <b>Condensate rate</b>    |               | 417,33 kg/h          |



# AIREC

Airec  
AirecCalc 1.3

**Our reference** Johan L. Blücher

**Date** 2014-05-05

|                               |                          |                       |             |
|-------------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------|
| <b>Fouling factor</b>         | 0,0%                     |                       |             |
| <b>Heat transferred</b>       | 620,45 kW                |                       |             |
| <b>Temperature Efficiency</b> | 52,6%                    |                       |             |
| <b>Max plate temperature</b>  | 92,95 °C                 |                       |             |
| <b>Customer</b>               | Processor AB             | <b>Your reference</b> | Per Ejefors |
| <b>Project</b>                | Valmet (torkluft exjobb) | <b>ID-number</b>      | 1124        |

## Heat exchanger

|                       | Module                 | Assembly                         |
|-----------------------|------------------------|----------------------------------|
| <b>Heat Exchanger</b> | 3xCross30-C-140-G1,25L | FD3-NS1-PA1-PB1 (Countercurrent) |

### Warnings

Extrapolated single phase properties side B

## Application data

| Fluid A                   |            | Fluid B              |
|---------------------------|------------|----------------------|
| Single phase              |            | Gas with condensable |
| Water                     |            | Air (humid)          |
|                           | Side A     | Side B               |
| <b>Flow rate</b>          | 5 kg/s     | 1,824 kg/s           |
| <b>Operating pressure</b> | 4 bar      | 1 bar                |
| <b>Temperature In</b>     | 37 °C      | 235 °C               |
| <b>Temperature Out</b>    | 66,68 °C   | 130,9 °C             |
| <b>Pressure drop</b>      | 55,22 mbar | 12,56 mbar           |
| <b>Condensable In</b>     |            | 0,24 kg/kg           |
| <b>Condensable Out</b>    |            | 0,13847 kg/kg        |
| <b>Condensate rate</b>    |            | 537,64 kg/h          |



# AIREC

Airec  
AirecCalc 1.3

**Our reference** Johan L. Blücher

**Date** 2014-05-05

|                               |                          |                       |             |
|-------------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------|
| <b>Fouling factor</b>         | 0,0%                     |                       |             |
| <b>Heat transferred</b>       | 337,21 kW                |                       |             |
| <b>Temperature Efficiency</b> | 55,6%                    |                       |             |
| <b>Max plate temperature</b>  | 80,59 °C                 |                       |             |
| <b>Customer</b>               | Processor AB             | <b>Your reference</b> | Per Ejefors |
| <b>Project</b>                | Valmet (torkluft exjobb) | <b>ID-number</b>      | 1125        |

## Heat exchanger

|                       |                        |                                  |
|-----------------------|------------------------|----------------------------------|
|                       | <b>Module</b>          | <b>Assembly</b>                  |
| <b>Heat Exchanger</b> | 3xCross30-C-140-G1,25L | FD3-NS1-PA1-PB1 (Countercurrent) |

### Warnings

Extrapolated single phase properties side B

## Application data

|                           |               |                      |
|---------------------------|---------------|----------------------|
| <b>Fluid A</b>            |               | <b>Fluid B</b>       |
| Single phase              |               | Gas with condensable |
| Water                     |               | Air (humid)          |
|                           | <b>Side A</b> | <b>Side B</b>        |
| <b>Flow rate</b>          | 5 kg/s        | 2,079 kg/s           |
| <b>Operating pressure</b> | 4 bar         | 1 bar                |
| <b>Temperature In</b>     | 40,8 °C       | 208 °C               |
| <b>Temperature Out</b>    | 56,93 °C      | 114,96 °C            |
| <b>Pressure drop</b>      | 55,14 mbar    | 13,31 mbar           |
| <b>Condensable In</b>     |               | 0,123 kg/kg          |
| <b>Condensable Out</b>    |               | 0,10003 kg/kg        |
| <b>Condensate rate</b>    |               | 153,09 kg/h          |



# AIREC

Airec  
AirecCalc 1.3

**Our reference** Johan L. Blücher

**Date** 2014-05-05

|                               |                          |                       |             |
|-------------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------|
| <b>Fouling factor</b>         | 0,0%                     |                       |             |
| <b>Heat transferred</b>       | 428,25 kW                |                       |             |
| <b>Temperature Efficiency</b> | 56,3%                    |                       |             |
| <b>Max plate temperature</b>  | 91,2 °C                  |                       |             |
| <b>Customer</b>               | Processor AB             | <b>Your reference</b> | Per Ejefors |
| <b>Project</b>                | Valmet (torkluft exjobb) | <b>ID-number</b>      | 1126        |

## Heat exchanger

|                       |                        |                                  |
|-----------------------|------------------------|----------------------------------|
|                       | <b>Module</b>          | <b>Assembly</b>                  |
| <b>Heat Exchanger</b> | 3xCross30-C-140-G1,25L | FD3-NS1-PA1-PB1 (Countercurrent) |

### Warnings

Extrapolated single phase properties side B

## Application data

|                           |               |                      |
|---------------------------|---------------|----------------------|
| <b>Fluid A</b>            |               | <b>Fluid B</b>       |
| Single phase              |               | Gas with condensable |
| Water                     |               | Air (humid)          |
|                           | <b>Side A</b> | <b>Side B</b>        |
| <b>Flow rate</b>          | 5 kg/s        | 1,849 kg/s           |
| <b>Operating pressure</b> | 4 bar         | 1 bar                |
| <b>Temperature In</b>     | 42,4 °C       | 251 °C               |
| <b>Temperature Out</b>    | 62,88 °C      | 133,65 °C            |
| <b>Pressure drop</b>      | 55,24 mbar    | 12,07 mbar           |
| <b>Condensable In</b>     |               | 0,166 kg/kg          |
| <b>Condensable Out</b>    |               | 0,1269 kg/kg         |
| <b>Condensate rate</b>    |               | 223,21 kg/h          |



# AIREC

Airec  
AirecCalc 1.3

**Our reference** Johan L. Blücher

**Date** 2014-05-05

|                               |                          |                       |             |
|-------------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------|
| <b>Fouling factor</b>         | 0,0%                     |                       |             |
| <b>Heat transferred</b>       | 113,85 kW                |                       |             |
| <b>Temperature Efficiency</b> | 57,7%                    |                       |             |
| <b>Max plate temperature</b>  | 55,46 °C                 |                       |             |
| <b>Customer</b>               | Processor AB             | <b>Your reference</b> | Per Ejefors |
| <b>Project</b>                | Valmet (torkluft exjobb) | <b>ID-number</b>      | 1127        |

## Heat exchanger

|                       |                        |                                  |
|-----------------------|------------------------|----------------------------------|
|                       | <b>Module</b>          | <b>Assembly</b>                  |
| <b>Heat Exchanger</b> | 3xCross30-C-140-G1,25L | FD3-NS1-PA1-PB1 (Countercurrent) |

### Warnings

Extrapolated single phase properties side B

## Application data

|                           |               |                      |
|---------------------------|---------------|----------------------|
| <b>Fluid A</b>            |               | <b>Fluid B</b>       |
| Single phase              |               | Gas with condensable |
| Water                     |               | Air (humid)          |
|                           | <b>Side A</b> | <b>Side B</b>        |
| <b>Flow rate</b>          | 5 kg/s        | 2,309 kg/s           |
| <b>Operating pressure</b> | 4 bar         | 1 bar                |
| <b>Temperature In</b>     | 37,7 °C       | 120 °C               |
| <b>Temperature Out</b>    | 43,15 °C      | 72,52 °C             |
| <b>Pressure drop</b>      | 54,94 mbar    | 11,83 mbar           |
| <b>Condensable In</b>     |               | 0,018 kg/kg          |
| <b>Condensable Out</b>    |               | 0,018 kg/kg          |
| <b>Condensate rate</b>    |               | 0 kg/h               |



# AIREC

Airec  
AirecCalc 1.3

**Our reference** Johan L. Blücher

**Date** 2014-05-06

|                 |                          |                       |             |
|-----------------|--------------------------|-----------------------|-------------|
| <b>Customer</b> | Processor AB             | <b>Your reference</b> | Per Ejefors |
| <b>Project</b>  | Valmet (torkluft exjobb) | <b>ID-number</b>      | 1130        |

## Heat exchanger

|                        | Module                 | Assembly                         |
|------------------------|------------------------|----------------------------------|
| Heat Exchanger         | 3xCross30-C-140-G1,25L | FD3-NS1-PA1-PB1 (Countercurrent) |
| Fouling factor         | 0,0%                   |                                  |
| Heat transferred       | 129,96 kW              |                                  |
| Temperature Efficiency | 55,3%                  |                                  |
| Max plate temperature  | 55,01 °C               |                                  |

## Application data

| Fluid A            |                         | Fluid B                   |  |
|--------------------|-------------------------|---------------------------|--|
| Single phase       |                         | Gas with condensable      |  |
| Water              |                         | Air (humid)               |  |
|                    | Side A                  | Side B                    |  |
| Flow rate          | 5 kg/s                  | 2,702 kg/s                |  |
| Operating pressure | 4 bar                   | 1 bar                     |  |
| Temperature In     | 35,3 °C                 | 118 °C                    |  |
| Temperature Out    | 41,52 °C                | 72,26 °C                  |  |
| Pressure drop      | 54,89 mbar              | 16,12 mbar                |  |
| Condensable In     |                         | 0,025 kg/kg               |  |
| Condensable Out    |                         | 0,025 kg/kg               |  |
| Condensate rate    |                         | 0 kg/h                    |  |
| Density            | 993,2 kg/m <sup>3</sup> | 0,90941 kg/m <sup>3</sup> |  |
| Specific heat      | 4177,5 J/(kg·K)         | 1051,5 J/(kg·K)           |  |

## Heat exchanger diagram



# AIREC

Airec  
AirecCalc 1.3

**Our reference** Johan L. Blücher

**Date** 2014-05-12

|                               |                          |                       |             |
|-------------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------|
| <b>Fouling factor</b>         | 0,0%                     |                       |             |
| <b>Heat transferred</b>       | 356,42 kW                |                       |             |
| <b>Temperature Efficiency</b> | 34,4%                    |                       |             |
| <b>Max plate temperature</b>  | 63,97 °C                 |                       |             |
| <b>Customer</b>               | Processor AB             | <b>Your reference</b> | Per Ejefors |
| <b>Project</b>                | Valmet (torkluft exjobb) | <b>ID-number</b>      | 1139        |

## Heat exchanger

|                | Module                 | Assembly                         |
|----------------|------------------------|----------------------------------|
| Heat Exchanger | 3xCross30-C-140-G1,25L | FD3-NS1-PA1-PB1 (Countercurrent) |

### Warnings

High flow velocity side B

## Application data

| Fluid A                   |            | Fluid B              |
|---------------------------|------------|----------------------|
| Single phase              |            | Gas with condensable |
| Water                     |            | Air (humid)          |
|                           | Side A     | Side B               |
| <b>Flow rate</b>          | 5 kg/s     | 6,546 kg/s           |
| <b>Operating pressure</b> | 4 bar      | 1 bar                |
| <b>Temperature In</b>     | 37,7 °C    | 89,1 °C              |
| <b>Temperature Out</b>    | 54,76 °C   | 71,41 °C             |
| <b>Pressure drop</b>      | 55,07 mbar | 95,93 mbar           |
| <b>Condensable In</b>     |            | 0,116 kg/kg          |
| <b>Condensable Out</b>    |            | 0,10022 kg/kg        |
| <b>Condensate rate</b>    |            | 333,18 kg/h          |



# AIREC

Airec  
AirecCalc 1.3

**Our reference** Johan L. Blücher

**Date** 2014-05-12

|                               |                          |                       |             |
|-------------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------|
| <b>Fouling factor</b>         | 0,0%                     |                       |             |
| <b>Heat transferred</b>       | 171,4 kW                 |                       |             |
| <b>Temperature Efficiency</b> | 50,5%                    |                       |             |
| <b>Max plate temperature</b>  | 55,47 °C                 |                       |             |
| <b>Customer</b>               | Processor AB             | <b>Your reference</b> | Per Ejefors |
| <b>Project</b>                | Valmet (torkluft exjobb) | <b>ID-number</b>      | 1140        |

## Heat exchanger

|                       |                        |                                  |
|-----------------------|------------------------|----------------------------------|
|                       | <b>Module</b>          | <b>Assembly</b>                  |
| <b>Heat Exchanger</b> | 3xCross30-C-140-G1,25L | FD3-NS1-PA1-PB1 (Countercurrent) |

### Warnings

Extrapolated single phase properties side B

## Application data

|                           |               |                      |
|---------------------------|---------------|----------------------|
| <b>Fluid A</b>            |               | <b>Fluid B</b>       |
| Single phase              |               | Gas with condensable |
| Water                     |               | Air (humid)          |
|                           | <b>Side A</b> | <b>Side B</b>        |
| <b>Flow rate</b>          | 5 kg/s        | 2,886 kg/s           |
| <b>Operating pressure</b> | 4 bar         | 1 bar                |
| <b>Temperature In</b>     | 37,7 °C       | 98,8 °C              |
| <b>Temperature Out</b>    | 45,9 °C       | 67,95 °C             |
| <b>Pressure drop</b>      | 54,97 mbar    | 19,02 mbar           |
| <b>Condensable In</b>     |               | 0,076 kg/kg          |
| <b>Condensable Out</b>    |               | 0,06492 kg/kg        |
| <b>Condensate rate</b>    |               | 107 kg/h             |



# AIREC

Airec  
AirecCalc 1.3

**Our reference** Johan L. Blücher

**Date** 2014-05-12

|                 |                          |                       |             |
|-----------------|--------------------------|-----------------------|-------------|
| <b>Customer</b> | Processor AB             | <b>Your reference</b> | Per Ejefors |
| <b>Project</b>  | Valmet (torkluft exjobb) | <b>ID-number</b>      | 1141        |

## Heat exchanger

|                        | Module                 | Assembly                         |
|------------------------|------------------------|----------------------------------|
| Heat Exchanger         | 3xCross30-C-140-G1,25L | FD3-NS1-PA1-PB1 (Countercurrent) |
| Fouling factor         | 0,0%                   |                                  |
| Heat transferred       | 294,77 kW              |                                  |
| Temperature Efficiency | 40,7%                  |                                  |
| Max plate temperature  | 54,93 °C               |                                  |

## Application data

| Fluid A            |                          | Fluid B                   |  |
|--------------------|--------------------------|---------------------------|--|
| Single phase       |                          | Gas with condensable      |  |
| Water              |                          | Air (humid)               |  |
|                    | Side A                   | Side B                    |  |
| Flow rate          | 5 kg/s                   | 4,798 kg/s                |  |
| Operating pressure | 4 bar                    | 1 bar                     |  |
| Temperature In     | 35,3 °C                  | 70 °C                     |  |
| Temperature Out    | 49,41 °C                 | 57,41 °C                  |  |
| Pressure drop      | 54,98 mbar               | 49,13 mbar                |  |
| Condensable In     |                          | 0,1 kg/kg                 |  |
| Condensable Out    |                          | 0,07809 kg/kg             |  |
| Condensate rate    |                          | 344,09 kg/h               |  |
| Density            | 991,63 kg/m <sup>3</sup> | 0,89097 kg/m <sup>3</sup> |  |
| Specific heat      | 4178,09 J/(kg·K)         | 1191 J/(kg·K)             |  |

## Heat exchanger diagram



# AIREC

Airec  
AirecCalc 1.3

**Our reference** Johan L. Blücher

**Date** 2014-05-12

|                 |                          |                       |             |
|-----------------|--------------------------|-----------------------|-------------|
| <b>Customer</b> | Processor AB             | <b>Your reference</b> | Per Ejefors |
| <b>Project</b>  | Valmet (torkluft exjobb) | <b>ID-number</b>      | 1142        |

## Heat exchanger

|                        | Module                 | Assembly                         |
|------------------------|------------------------|----------------------------------|
| Heat Exchanger         | 3xCross30-C-140-G1,25L | FD3-NS1-PA1-PB1 (Countercurrent) |
| Fouling factor         | 0,0%                   |                                  |
| Heat transferred       | 136,01 kW              |                                  |
| Temperature Efficiency | 56,9%                  |                                  |
| Max plate temperature  | 47,91 °C               |                                  |

## Application data

| Fluid A            |                          | Fluid B                   |
|--------------------|--------------------------|---------------------------|
| Single phase       |                          | Gas with condensable      |
| Water              |                          | Air (humid)               |
|                    | Side A                   | Side B                    |
| Flow rate          | 5 kg/s                   | 1,424 kg/s                |
| Operating pressure | 4 bar                    | 1 bar                     |
| Temperature In     | 35,3 °C                  | 75,2 °C                   |
| Temperature Out    | 41,81 °C                 | 52,51 °C                  |
| Pressure drop      | 54,9 mbar                | 4,69964 mbar              |
| Condensable In     |                          | 0,09 kg/kg                |
| Condensable Out    |                          | 0,05789 kg/kg             |
| Condensate rate    |                          | 151,01 kg/h               |
| Density            | 993,15 kg/m <sup>3</sup> | 0,90307 kg/m <sup>3</sup> |
| Specific heat      | 4177,51 J/(kg·K)         | 1172,4 J/(kg·K)           |

## Heat exchanger diagram

## Bilaga E: Retur- och framledningstemperatur för fjärrvärme

Retur- och framledningstemperaturer för primärkretsen i fjärrvärmenätet syns i tabell E1 (Öberg 2014).

Tabell E1. Retur- och framledningstemperaturer för fjärrvärmevattnet.

**Axel Johnsons väg** Valmet

Temperaturer primär fjärrvärme (månadsmedel)

| Nya Lab<br><b>2012</b> | Retur<br>[°C] | Fram<br>[°C] | <b>2013</b> | Retur<br>[°C] | Fram<br>[°C] |
|------------------------|---------------|--------------|-------------|---------------|--------------|
| jan                    | 39,4          | 91,5         |             | 51,7          | 95,7         |
| feb                    | 44,8          | 94           |             | 52,3          | 96,5         |
| mar                    | 38,5          | 86,8         |             | 51,1          | 96,7         |
| apr                    | 36,6          | 85,3         |             | 36,6          | 87           |
| maj                    | 30,6          | 80,8         |             | 29,8          | 80,2         |
| jun                    | 29,9          | 80,6         |             | 28,4          | 78,6         |
| jul                    | 26,1          | 78,3         |             | 23,3          | 79,5         |
| aug                    | 31,7          | 80,6         |             | 28,7          | 79,6         |
| sep                    | 30            | 80,8         |             | 30,7          | 81,8         |
| okt                    | 37,1          | 84           |             | 32,3          | 83,7         |
| nov                    | 39,5          | 86           |             | 33,5          | 85,4         |
| dec                    | 55,7          | 97,7         |             | 38,2          | 87,7         |