



AKADEMIN FÖR TEKNIK OCH MILJÖ

Industriella kyl och värmesystem

Fallstudie på Sandvik Coromant

Mattias Lindberg

November 2012

Examensarbete 15 hp C-nivå

Energisystem

Energisystemingenjör

Examinator: Nawzad Mardan

Handledare: Ulf Larsson

Sammanfattning

Denna uppsats tar upp energianvändningen för kyla och värme inom industri. En fallstudie har gjorts på Sandvik AB:s industriområde i Sandviken där en fastighet besöks med sorptionskyla från ett luftbehandlingsaggregat för att få ett inneklimat med rätt temperatur och luftfuktighet. I fastigheten tillverkas verktyg till bland annat borrar, fräsning och svarvning. Vid denna tillverkning så krävs det kyla till maskiner och oljerening, denna kyla levereras av kylmaskiner.

Sorptionsprocessen innebär ett värmebehov under sommaren. Då värmesystemet har olja, el och rökgaser som bränsle och dessutom är ineffektivt med stora värmeförluster så kan detta värmebehov med fördel tillgodoses med spillvärme och solenergi.

Syftet var att hitta lösningar till att försä industrin med värme från en effektivare och miljövänligare källa.

Genom att kartlägga värmecentral, kylrum och luftbehandlingsaggregat samt mäta temperaturer, samla in energistatistik och beräkna effekter finns möjlighet att ge förslag på åtgärder och göra principritningar i AutoCAD.

Värmepump är ett miljövänligt och effektivt sätt att minska energianvändningen på industriområdet. Solenergi är en förnybar källa som ger gratis energi och med solfångare kan även den passiva solvärmen som värmer byggnaden minskas.

Med reglering kan kondensorvärme från befintliga kylmaskiner bidra till att minska energianvändningen.

Slutsatsen är att en värmepump kan betala av sig efter drygt ett år eftersom priset per producerad kWh värme blir cirka 14 öre medan den interna värmen kostar omkring en krona. Solenergi kan löna sig på mycket lång sikt.

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	6
1.1	Bakgrund	6
1.2	Syfte	8
1.3	Avgränsningar	8
2	Metod	9
2.1	Fallstudie på Sandvik Coromant	9
2.1.1	Studiebesök	9
2.1.2	Datainsamling.....	9
2.1.3	Utdata	9
2.1.4	Metodanalys	10
3	Teori	11
3.1	Kylmaskiner	11
3.2	Sorptionskyla.....	12
3.2.1	Funktion.....	12
3.2.2	Torkrotorn	14
3.2.3	Regenereringsbatteri.....	15
3.2.4	Evaporation	15
3.2.5	Evaporativa kylare.....	15
3.2.6	Roterande värmeväxlare	15
3.2.7	Drift och skötsel	16
3.2.8	Legionella.....	16
3.3	Värmebehov	17
3.3.1	Värmebehov i industrilokalen på Sandvik Coromant.....	19
3.3.2	Värmepump	20
3.3.3	Solenergi.....	21
3.3.4	Elpanna.....	23

3.3.5	Miljö.....	23
4	Resultat	26
4.1	Effektbehov komfortkyla	26
4.2	Kondensationsvärme från processkyla	26
4.3	Värmeåtervinning med värmepump	28
4.3.1	Elpriser.....	29
4.3.2	Resultat ur miljöaspekt	30
4.4	Förvärmning av returvatten.....	31
4.5	Solvärme	32
4.5.1	Dimensionering av solvärmesystem	32
4.5.2	Stora miljövinster med solvärme	33
5	Diskussion.....	34
6	Slutsatser	36
7	Litteraturförteckning	37
7.1	Muntliga referenser.....	38

1 Inledning

1.1 Bakgrund

En betydande del av världens energi används till att kyla ner och värma upp byggnader, det finns stora möjligheter till effektivisering av dessa system (Allegrini & Dorer, 2012). I svenskt klimat kräver byggnader vanligtvis mycket energi för uppvärmning under den kalla vinterperioden, men med ett varierande klimat kan även ett stort kylbehov inträffa. Under sommaren innebär kylbehovet i byggnader en stor del av energibehovet. I många byggnader är värmeöverföring från väggar och tak en stor anledning till kylbehov eftersom dessa värms upp av uteklimatet i form av solstrålning och konvektion.

Uppskattning av värmeöverföring från byggnadsskalet är ett första steg i att beräkna kylbehov och välja luftbehandlingssystem för byggnaden (Kaska & Yumrutas, 2008). Värmetillskott sker även från interna värmelaster som belysning, elektronik, människor eller maskiner och ger ett ökat kylbehov under sommaren. Det finns olika metoder för kylning av bostäder och fastigheter. En metod är att använda kylpaneler eller kylbafflar som finns i huvudsakligen två typer, aktiva och passiva. De aktiva är kopplade till ventilationssystemet och till ett kylvattensystem. De passiva är bara kopplade till ett kylvattensystem och kyler rummet med naturlig konvektion. För att undvika kondens bestäms kyleffekten av dagpunkten i lokalen. Kylbaffelsystem används därför i lokaler med måttlig intern luftfuktighetsbelastning (Fredriksson & Sandberg, 2009).

Ett konventionellt sätt att producera kyla är att använda kompressordrivna kylmaskiner. Dessa kan användas till att producera komfortkyla såväl som kylning av maskiner och apparater. Vid luftburen komfortkyla är evaporativ kylning ett alternativ som innebär att luften kyls genom att den passerar en fuktig yta. För att sänka tilluftens temperatur är det bra att ha torrast möjliga luft när uppfuktningen börjar. Torkningen av luften sker genom att värme tillförs i frånluften. Denna process kallas sorptiv kylning och innebär att värmeenergi tillförs för att producera komfortkyla och ett inneklimat med önskad luftfuktighet (Daou, Wang, & Xia, 2006).

Värmebehovet sker under sommartid då det finns tillgång till solenergi och ofta restenergi i form av spillvärme. Det är viktigt att effektivisera dessa system dels genom att minska energianvändningen men även genom valet av energikälla. Förutom ekonomiska besparingsmöjligheter så kan miljömässiga problem kopplas till energianvändning. Förbränning av fossila bränslen släpper ut mycket växthusgaser. Utsläpp av koldioxid ökar varje år och främst i utvecklingsländer. Ökningen beror på en stor ekonomisk tillväxt och en oerhörd befolkningsökning vilket ger en ökad energianvändning. Faktum

är att luftkylning och uppvärmning bidrar med en hel del av dessa utsläpp (Enteria & Mizutani, 2011).

I denna rapport studeras ett fall på Sandvik AB:s industriområde. Industriområdet i Sandviken förbrukar 162 826 MWh/år vid uppvärmning, dels vid uppvärmning av lokaler men även till stor del vid processer som kräver hög värme. Den här rapporten avser en industrifastighet som tillverkar verktyg i coromantstål för fräsning, svarvning, borrar samt en mängd andra användningsområden. Processerna i denna fastighet kräver ett inneklimat som ibland under sommaren kan vara svårt att hålla. Detta kan bero på stora interna värmelaster som när ute temperaturen är hög ger för hög luftfuktighet och för höga temperaturer i lokalen. När temperaturen är över 25°C och den relativa luftfuktigheten överstiger 50 % så innebär det en osäkerhet i kvalitet på de verktyg som tillverkas, vilket kan innebära ekonomiska förluster för företaget (Lindborg, 2012).

Produktionen i lokalen är hög året runt och dygnet runt. Den lägsta beläggningen är 80 %, vilket ger stora interna värmelaster från bland annat maskiner och belysning.

I fallet på Sandvik så används ett från/tilluftaggregat med värmeväxling även kallat FTX-aggregat. Under sommarperioden då ett kylbehov uppstår så ger luftbehandlingsaggregatet komfortkyla med sorptiv kylning. Under vintermånaderna då det kan finnas ett uppvärmningsbehov så ger värmeväxlingen 90 % energiåtervinning ur frånluften. Detta är möjligt eftersom värmeväxlingen sker i två steg då en torkrotor fungerar som en andra roterande värmeväxlare under den perioden, (se 3.2.2). Detta gör att uppvärmningsperioden flyttas till sommaren då värme behöver tillföras regenereringsbatteriet (Munters, 2012).

Sandvik har ett värmesystem som består av en panncentral som drivs med en olja, elektricitet och rökgaser som bränsle. Värmen distribueras i ångform till undercentraler där vatten värms upp i värmeväxlare. Ångan används även i många olika processer där höga temperaturer krävs. Systemet har en hel del värmeförluster vilket ger högre kostnader och låg energieffektivitet.

Driftoperatör uppskattar att distributionsnätet för ångan har värmeförluster på omkring 40-50 %. Detta gör att det finns anledning att se över alternativa möjligheter för uppvärmning, i synnerhet under sommarperioden då regenereringsbatteriet har sitt värmebehov.

Processerna i industrilokalerna kräver kylning vilket levereras från två kylmaskiner med en kyleffekt på 100 kW. Kylan ackumuleras i en kyltank och distribueras sedan den erforderliga kyleffekten till maskiner och oljerening. Kylningen av processerna sker i två olika system vilket ger en större flexibilitet.

1.2 Syfte

Syfte med rapporten är att hitta effektiva lösningar för uppvärmning och kyla i en industrifastighet. Lösningen ska minska energianvändningen och dess kostnader samt minska miljöpåverkan.

1.3 Avgränsningar

I rapporten kommer fokus att riktas mot energiförsörjning av komfortkyla. Inneklimatet i lokalen analyseras inte ingående. När det gäller luftflöden och temperaturer i sorptionsprocessen används till stor del Munters teknik som exempel.

Det som i denna rapport berör solenergi är generella siffror angående solinstrålning, solfångares uppbyggnad och effektivitet. Vid dimensionering och uppbyggnad av större solvärmesystem bör en projektspecifik simulering göras för att få en mer exakt energiberäkning och optimering av systemet.

2 Metod

Denna rapport utgår till stor del från en fallstudie kring en industriell fastighet där inomhusklimatet är av stor vikt gällande temperatur och luftfuktighet. Fallstudien kompletteras med en litteraturstudie gällande olika sätt att producera komfortkyla. Stort fokus riktas mot energianvändningen och miljöpåverkan under dessa processer.

2.1 *Fallstudie på Sandvik Coromant*

2.1.1 Studiebesök

Fallstudien har genomförts i samarbete med Coor Service Management och Sandvik AB. I första skedet genomfördes ett studiebesök i en industriell fastighet med höga krav på inneklimatet. Vidare har även personliga studiebesök utförts i luftbehandlingsaggregat för att få en bättre förståelse för kylprocessen. Kylrum och värmecentral har kartlagts för möjligheter till energieffektivisering.

2.1.2 Datainsamling

Information om energianvändning och priser på energi har hämtats från Coor Service Management. Detta genom att ta del av statistik från energimätning, ritningar samt personliga intervjuer. Vissa siffror är uppskattningar som författaren anser trovärdiga. Vissa temperaturer har hämtats från avläsning av mätare på plats vid fallstudien. Information angående uppskattade priser på material och projektering av kylsystem har hämtats från utomstående företag via e-mail intervju. Detta för att få så detaljerad information som möjligt.

2.1.3 Utdata

Uppsatsens resultat har tagits fram utifrån fallstudien och dess teoridel som baseras på vetenskaplig fakta. För att få fram resultat ur olika perspektiv har information från studentlitteratur och internetsidor används för beräkningar. Enkla principskisser på flöden och komponenter har ritats i AutoCad.

2.1.4 Metodanalys

Uppsatsen är till stor del uppbyggd kring en öppen fallstudie vilket leder till många möjligheter. Många antaganden ligger till grund för de beräkningar som gjorts och sin tur ligger till grund för resultatet. Detta ger en viss osäkerhet. Metoden leder fram till generella förslag på förbättringar enligt uppsatsens syfte. För mer exakta resultat och konkreta lösningar skulle omfattande mätningar krävas under en längre tid. Metoden kan användas som förstudie till projektering av kyla i den aktuella undersökningen angående kostnader och miljöpåverkan.

3 Teori

3.1 Kylmaskiner

Kylmaskiner som är kompressordrivna fungerar enligt en Carnot process. Värme upptas av ett köldmedie i förångaren och blir gasformigt. Sambandet mellan förångningstryck och förångningstemperatur anges av en så kallad ångtryckskurva. Olika köldmedier förångas vid olika temperaturer och tryck.

Kompressorn transporterar ett köldmedie med massflödet m runt den slutna kretsen och skapar samtidigt ett högt tryck i kondensorn. Detta är nödvändigt för att kondensationen ska kunna äga rum vid en temperatur som är högre än förångningstemperaturen.

I kondensorn överförs värme från köldmediet till en värmesänka som kan vara luft eller vatten. För att detta ska vara möjligt så måste kondenseringstemperaturen vara högre än kylmedlets temperatur. När värme avges så kondenseras köldmediet och går återigen över till vätskeform.

Efter kondensorn så passerar massflödet ett stryporgan vars uppgift är att reglera så att den avsedda tryckdifferensen mellan kondensorn och förångaren upprätthålls. Vid lämplig inställning av stryporganet kan alltså även temperaturdifferensen mellan kondensorn och förångare väljas (Alvarez, 2006).

Kylmaskinerna som besörjer processerna på Coromant är av märket Climaveneta och består av två scrollkompressorer vardera. Kylaggregaten är kapacitetsreglerade i två steg, 50 % och 100 %. Driften av kylmaskinerna är inte beroende på årstid och utetemperaturer, eftersom de kyler maskinerna i industriprocesserna så anpassas driften efter produktionen och effektbehov av kyla från denna (Lundgren, 2012).

Avgiven värmeeffekt kan teoretiskt beräknas enligt:

$$Q_{\text{ut}} = Q_{\text{in}} + W \quad (1)$$

där Q_{ut} = Avgiven energi i kondensorn till kylvatten eller luft

W = Tillfört arbete i form av el till kompressorn

Q_{in} = Upptagen energi från värmebärare till köldmedia i förångaren

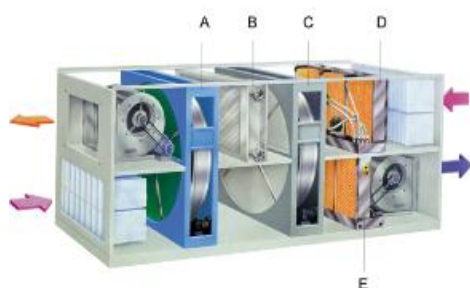
För att närma sig den verkliga avgivna värmeeffekten kan ett schablonvärde för verkningsgraden: $\eta = 0,5 - 0,7$ användas då energiförluster sker i kompressorn (Alvarez, 2006).

3.2 Sorptionskyla

Luftbehandlingsaggregatet som ska ge ett behagligt inneklimat året runt har 90 % verkningsgrad i värmeväxlingen under vintern vilket innebär att uppvärmningsbehovet till stor del flyttas till sommaren. Detta eftersom kylningen sker med en sorptionsprocess som kräver tillförd värme.

3.2.1 Funktion

Luftbehandlingsaggregatet Desicool kyler lokaler med evaporativ kylning av luft. Denna process innebär att man sänker inkommande lufttemperatur genom att fukta den med vattenavdunstning från en fuktig yta, i det här fallet en evaporativ kylare. För att uppfuktning av luft ska vara möjligt så får inte luften vara mättad med ånga. Detta medför att förutsättningen för att erhålla en stor temperatursänkning vid evaporativ kylning är att luften i begynnelsestillståndet är torr, se Figur 1.



Figur 1: Luftbehandlingsaggregat som ger sorptiv kylning sommartid och en effektiv värmeåtervinning vintertid. Källa: (Munters, 2012).

Inkommande varm, exempelvis 30°C luft som suges in i aggregatet med ett volymflöde på 10m³/s filtreras från damm och andra partiklar vilket ger en ren tilluft och mindre underhåll. Sedan passerar tilluften den roterande torkrotorn (A) som sänker fukthalten och höjer temperaturen i luften. Detta steg i processen optimerar effekten av de följande evaporativa kylarna längre fram i sorptionsprocessen. Detta steg höjer temperaturen, i det här exemplet till 39°C.

Nästa steg i processen är att tilluften passerar en roterande värmeväxlare (C) och därmed sänks till omkring 23°C. Temperatursänkningen är möjlig eftersom frånluften i det läget är kallare än tilluften. I det här steget sker ingen förändring av luftens fuktighet.

Slutligen passerar tilluften den evaporativa kylaren (E), här sänks temperaturen genom att avdunstningsprocessen tar värme från luften själv. Tilluften får här en temperatur på ca 15°C som tilluftfläkten blåser in i lokalen. Slutlig rumstemperatur är i ideala förhållanden 23°C. Denna temperatur påverkas av lokalens interna värmelaster.

På frånluftsidan i FTX-aggregatet sker samma typ av filtrering som på tilluftsidan. Frånluften passerar sedan en evaporativ kylare (D) där den kyls och fuktas samtidigt genom avdunstning. Temperaturen efter kylaren ligger omkring 18°C. I den följande roterande värmeväxlaren höjs temperaturen utan fuktöverföring till omkring 34°C. I nästa steg behöver frånluften värmas ytterligare för att sorptionsprocessen ska bli effektivare. Denna uppvärmning sker i ett så kallat regenereringsbatteri (B). Detta batteri fungerar som ett vattenburet värmebatteri som avger värme till frånluften. I det här exemplet så behöver frånluftens temperatur höjas till 55°C. Värmevattnet till regenereringsbatteriet är den värmeenergi som behöver tillföras till Desicool aggregatet.

För att beräkna erforderlig effekt gäller ekvationen:

$$P (W) = q_1 \cdot \rho \cdot C_p \cdot \Delta t_1 \quad (2)$$

där

- P = Erforderlig effekt
- q_1 = Luftflöde i m³/s
- ρ = Luftens densitet, sätts normalt till 1,2 kg/m³
- C_p = Luftens specifika värmekapacitet, sätts normalt till 1000 J/ (kg · °C)
- Δt_1 = Önskad temperaturhöjning av luften i °C

Motsvarande värmeavgivning på värmevattensidan blir

$$P (W) = q_v \cdot \rho \cdot C_p \cdot \Delta t_v \quad (3)$$

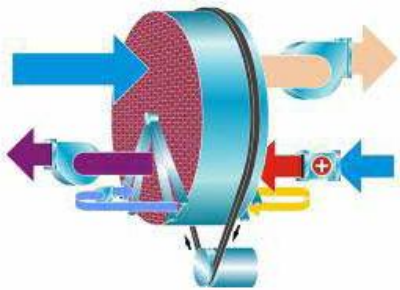
där

- P = Erforderlig effekt
- q_v = Vattenflöde i l/s
- ρ = Vattnets densitet, sätts normalt till 1 kg/dm³
- C_p = Vattnets specifika värmekapacitet, sätts oftast till 4,19 KJ/ (kg · °C)
- Δt_v = Temperaturskillnad mellan in och utgående vattentemperatur i batteriet

Desto varmare luften är i det här skedet desto kallare blir tilluften. Detta beror på att torkningen av tilluften blir effektivare i det följande steget av de evaporativa kylprocessen då den uppvärmda frånluften torkar tilluften i torkrotorn.

3.2.2 Torkrotorn

Inkommande luft i FTX-aggregatet Desicool behandlas först i en torkrotor med mycket stor kontaktyta som består av ett stort antal luftkanaler, se Figur 2. Rotorn består av ett korrugerat glasfibermaterial. Denna består i sin tur av ett hygroskopiskt material såsom litiumklorid eller silicagel. När avfuktaren är i drift så passerar två luftströmmar i vardera riktningen, frånluft och tilluft. Den ena luftströmmen ska avfuktas medan den andra är mycket varm och fuktig. Den varma luftströmmen används till att torka rotorn så att den ska fortsätta ta upp fukt. Under uppvärmningsperioden används rotorn som en entalpväxlare (Munters, 2012).



Figur 2: Torkrotor som torkar och höjer temperaturen på tilluften.

Källa: (Munters, 2012).

3.2.2.1 Hygroskopiska ämnen

Hygroskopi är den egenskap hos vissa ämnen som gör det möjligt att ta upp vattenånga från bland annat luften. I vissa fall bildar ämnet en kemisk reaktion med vatten och bildar en ny kemisk förening och därmed går det ursprungliga ämnet förlorat. I andra fall bildas en lösning eller blandning mellan vatten och det hygroskopiska materialet. Det kan även ske en så kallad hopklumpning. Det finns en rad olika hygroskopiska ämnen som passar olika bra vid olika applikationer. Förutom ovan nämnda litiumklorid och silicagel så används vanligen kalciumklorid som även används till grusvägar som dammbildande medel. Andra vanliga ämnen är till exempel svavelsyra, etanol och magnesiumnitrat (Wikipedia, 2012).

3.2.3 Regenereringsbatteri

Regenereringsbatteriet är ett vattenburet värmebatteri som behöver tillföras värmevatten som har en temperatur runt 60-70°C. Detta är den del av sorptionskyla processen som behöver tillföras värmeenergi. Värmebatteriet kan värmas med till exempel fjärrvärme, solenergi eller spillvärme. I nuläget används värme från det interna värmesystemet. Ett värmebatteris egenskaper skall i regel vara att materialet har en hög värmeledningsförmåga för att på ett effektivt sätt avge värmevattnets värme till omgivningen. Exempel på lämpliga material kan vara koppar eller aluminium.

3.2.4 Evaporation

Evaporation eller indunstning är en typ av förångning av en vätska som bara sker på ytan av vätskan. För att molekyler i en vätska ska kunna avlägsnas så måste de vara belägna nära vätskans yta. Molekylerna måste ha tillräcklig kinetisk energi för att övervinna de intermolekylära krafterna i vätskan. Den kinetiska energin hos en molekyl är proportionell mot dess temperatur, vilket innebär att avdunstning sker snabbare vid höga temperaturer. När tillräckligt mycket värme tillförs vätskans molekyler så börjar de kollidera vilket innebär att de överför energi till varandra. När värmeöverföringen är tillräckligt stor så avdunstar dessa molekyler.

3.2.5 Evaporativa kylare

Sorptionskyla innebär att torr och varm luft fuktas och därmed får en lägre temperatur i en evaporativ kylare. Uppfuktning av luft är möjlig så länge den inte är mättad med vattenånga. Luften har kapacitet att innehålla mer fukt ju högre temperatur den har. För att luften ska kunna ta upp vatten måste vattnet först förångas, vilket kräver energi i form av värme. Denna värmet kallas för ångbildningsvärmets och tas ifrån luften. Denna process kallas för direkt evaporativ kylning, den här processen äger rum i tilluftkanalen på Desicool aggregatet.

3.2.6 Roterande värmeväxlare

Värmeväxlingen i luftbehandlingsaggregatet sker med en roterande värmeväxlare. En roterande värmeväxlare tillhör sorten regenerativa värmeväxlare. Det som kännetecknar en regenerativ värmeväxlare är att de arbetar med cykliska förlopp där värme

ackumuleras i en massa. Den ackumulerade värmen avges senare till en kallare fluid. De roterande växlarna består huvudsakligen av en rotor som är uppbyggd av tunna metallplåtar. Dessa kan vara gjorda av exempelvis aluminium. Metallplåtarna bildar tunna kanaler som i det här fallet luften strömmar igenom. Under ett halvt varv genomströmmas rotorn av varm luft som värmer plåtarna. Under resten av varvet avger plåtarna sin värme till den kalla sidan genom att den kalla luften passerar den varma rotorn. I spalten mellan rotorn och höljet finns i allmänhet en tätning som minimerar läckaget från den varma till den kalla sidan.

Andra typer av värmeväxlare är rekupertiva och blandningsvärmeväxlare. Under kategorin rekupertiva går exempelvis vanliga radiatorer med värmevatten som avger värmevattnets värme till den omgivande luften. Blandningsväxlare innebär att fluiderna har direktkontakt och blandas med varandra.

I allmänhet så delas värmeväxlare in i tre grupper beroende på strömningsriktningen: medströms, motströms och tvärströmsvärmeväxlare (Alvarez, 2006).

3.2.7 Drift och skötsel

Driften av ett ventilationsaggregat med sorptionskyla innebär en del underhåll. Motorer och växellådor till torkrotor och roterande värmeväxlare behöver bytas med jämna mellanrum. Aggregaten har tolv filter på tilluftsidan och tjugofyra på frånluftsidan. I vissa fall där processer avger mycket slaggprodukter kan frånluftsfiltret behöva bytas redan efter någon månad. Om de ämnen som fastnar i frånluftsfiltret förångas kan de sätta sig i de evaporativa kylarna och dålig lukt spridas.

3.2.8 Legionella

Legionella är namnet på en bakteriefamilj som kan orsaka två olika sorters sjukdomar. Dels så kan man drabbas av en typ av lunginflammation som kallas för legionärssjuka. Ett annat symptom som kan drabba någon som fått bakterien är ett influensaliknande tillstånd som kallas för pontiacfeber. Legionellabakterier finns naturligt i små mängder i vattendrag, sjöar och mark. Bakterien är vilande, det vill säga förökar sig inte, vid temperaturer under ca 20 °C. Bakterierna förökar sig mellan ca 20 °C och 45 °C, framförallt mellan 35 °C - 40 °C. Avdödning av bakterier sker vid högre temperaturer. Legionellabakterier är väldigt små vilket gör att de kan spridas i vattendimma som även kallas för aerosol. Vattendimma kan förekomma överallt där vattenstrålar slås sönder.

Exempel på när vattendimma bildas kan vara vid duschning, bubbelbad eller vid evaporativ kylning. Att dricka vattnet anses inte farligt ur legionella synpunkt. För att drabbas av någon sjukdom på grund av legionellabakterien så krävs att den kommer ner i lungorna via inandning (Boverket, 2012).

3.2.8.1 Risk för legionella i Desicool aggregatet

Processen i Desicool ska i normala fall inte innebära någon större risk för spridning av legionella trots att temperaturerna i aggregatet är gynnsamma för bakterietillväxt. Anledningen till det är att det inte förekommer några aerosoler i systemet. Vattnet som lämnar aggregatets evaporativa kylare är alltid gasformigt. Det innebär att tilluften innehåller ren vattenånga. Enligt tillverkaren Munters så har inget fall av legionella förekommit i någon av dessa anläggningar.

3.3 Värmebehov

I kalla klimat som exempelvis svenskt vinterklimat inträffar ofta ett värmebehov i byggnaderna. Vid dimensionering av värmesystem i allmänhet så beräknas värmeförluster enligt ekvationen:

$$P_{\text{dim}} (\text{W}) = P_t + P_{\text{ov}} + P_v \quad (4)$$

P_{dim} står för dimensionerad effektförlust totalt sett och har enheten watt.

P_t står för transmissionsförluster och innebär de värmeflöden som sker genom byggnadsskalet, det vill säga väggar, tak, golv, dörrar och fönster. Faktorer som påverkar denna effektförlust är byggnadsskalets värmeledningsförmåga, area samt differensen mellan inne och utetemperatur enligt ekvationen:

$$P (\text{W}) = U \cdot A \cdot (T_{\text{inne}} - \text{DUT}) \quad (5)$$

där U = värmegenomgångskoefficient ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

A = ytans storlek (m^2)

T_{inne} = inneluftens temperatur ($^\circ\text{C}$)

DUT = dimensionerande utetemperatur ($^\circ\text{C}$)

P_{ov} respektive P_v står för effektförluster genom ventilation. Denna typ effektförluster består av två delar, okontrollerad och styrd ventilation. Okontrollerad ventilation utgörs av den luft som läcker in genom klimatskalet. Styrd ventilation utan värmeåtervinning (P_v) är den luftväxling som orsakas av ventilationssystemet. Varm frånluft ersätts av kall

tilluft med ett visst flöde, detta ger en viss effekt som måste täckas av värmesystemet.

Värmebehovet för styrd ventilation är:

$$P_v(\text{W}) = q_v \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_{\text{inne}} - T_{\text{till}}) \quad (6)$$

där q_v = kontrollerat ventilationsflöde (m^3/s)
 ρ = luftens densitet $1.2 \text{ kg}/\text{m}^3$
 C_p = lufts specifika värmekapacitet $1000 \text{ J}/\text{kg}, ^\circ\text{C}$
 T_{inne} = inneluftens temperatur ($^\circ\text{C}$)
 T_{till} = tilluftens temperatur ($^\circ\text{C}$)

Ventilationsaggregat som värmer tilluften med värmeåtervinning ifrån frånluften kallas för FTX-system. Vid behov spetsas värmeåtervinningen med värme från ett värmebatteri som ger tilluften den erforderliga temperaturen. Effektbehovet för ett FTX-aggregat kan skrivas:

$$P_{v,\text{till}}(\text{W}) = q_v \cdot \rho \cdot (T_{\text{till}} - T_1) \quad (7)$$

där q_v = kontrollerat ventilationsflöde (m^3/s)
 ρ = luftens densitet $1.2 \text{ kg}/\text{m}^3$
 C_p = lufts specifika värmekapacitet $1000 \text{ J}/\text{kg}, ^\circ\text{C}$
 T_{till} = tilluftens temperatur ($^\circ\text{C}$)
 T_1 = utetemperaturen (EUT) eller temperatur T_a efter värmeåtervinning($^\circ\text{C}$)

T_a kan bestämmas med avseende på värmeåtervinningens temperaturverkningsgrad, η .

$$\eta = \frac{T_a - T_{\text{ute}}}{T_{\text{från}} - T_{\text{ute}}} \quad (8)$$

där $T_{\text{från}}$ = frånluftstemperatur ($^\circ\text{C}$)
 T_{ute} = uteluftstemperatur ($^\circ\text{C}$)

Vid dimensionering av alla typer av värmesystem så bestäms en lämplig innetemperatur i förhållande till de aktiviteter som lokalen är avsedd för. Bostäder har ett normalt värde på 20°C som lägsta temperatur. I förskolor och äldreboenden väljs oftast en något högre temperatur, omkring 22°C . Däremot i industrilokaler så anpassas temperaturer efter de processer som bedrivs, lätt arbete innebär en lagom temperatur på 20°C medan medeltungt respektive tungt arbete ger anledning till att ha temperaturer mellan $14 - 17^\circ\text{C}$.

För att bestämma nödvändiga effekter krävs kännedom om utetemperaturen då denna är proportionell mot värme och kylbehov. Det finns två olika definitioner som används då man ska beräkna dimensionerande värmeeffekt, EUT och DUT. EUT står för extrem utetemperatur och innebär en temperatur som sällan inträffar. DUT står för dimensionerande utetemperatur och den bestäms utifrån både ortens klimat och byggnadens egenskaper. DUT är linjärt beroende av ortens normaltemperatur i januari och byggnadens värmetröghet. I normala fall används EUT vid beräkning dimensionering av värmebatterier i klimatanläggningar medan DUT brukar användas vid dimensionering av radiatorsystem och liknande (Warfvinge, 2007).

3.3.1 Värmebehov i industrilokalen på Sandvik Coromant

Enligt Munters som tillverkar FTX-aggregatet Desicool så ska temperaturer över $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ inte innebära att man behöver värma upp lokalen eftersom värmeåtervinningen är så pass effektiv som 90 %. Vid lägre utetemperatur kan ett värmetillskott behövas. I nuläget används ett värmebatteri som sitter i tilluftkanalen. Värmebatteriet är dimensionerat för att avge en värmeeffekt på 24 kW när ute temperaturen är $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Munters, 2012). Vissa delar av industrifastigheten kompletteras även med vattenburna luftvärmare vars värme sprids med en fläkt. Dessa sitter i avskärmade mindre delar av lokalen.

Det största värmebehovet inträffar med den här typen av luftbehandlingsaggregat under sommaren då regenereringsbatteriet behöver tillföras värme.

3.3.2 Värmepump

I dagsläget drivs värmebatterier och luftvärmare med energi från det interna värmesystemet. Ett sätt att effektivisera systemet och minska effektuttag ur ångvärmesystemet är att ta vara på spillvärme. Då spillvärmen inte går att direkt via värmeväxlare använda i värmesystemet på grund av för låg temperatur kallas den för lågvärdig eller sekundär spillvärme. För att höja temperaturen finns möjlighet att använda en värmepump. En värmepump fungerar i princip lika som en kylmaskin, det vill säga att den upptar värme vid en låg temperatur och lågt tryck samt avger värme vid en högre temperatur och ett högre tryck. Den energi som tillförs är den el som driver kompressorn. Teoretiskt kan sägas att man stoppar in en del elektricitet och får ut tre delar värme.

För att få användning av spillvattnet från kylmaskinerna skulle det kunna användas som värmekälla till en värmepump som levererar den framledningstemperatur som krävs för att driva regenereringsbatteriet under sommarens kylperiod.

En värmepumps effektivitet mäts i uttrycket COP som på engelska står för *Coefficient of performance*. Ett mer svenskt begrepp är värmefaktor. Uttrycket kan skrivas mer matematiskt:

$$\text{COP} = \frac{T_{\text{hög}}}{T_{\text{hög}} - T_{\text{läg}}} \quad (9)$$

där $T_{\text{hög}}$ = värmebärarens temperatur (K)

$T_{\text{läg}}$ = köldbärarens temperatur (K)

Detta är den teoretiska verkningsgraden hos en värmepump som arbetar enligt en Carnotprocess. En verkningsgrad: $\eta = 0,5 - 0,7$ ger verklig värmefaktor. För att veta vilken ungerfärlig elförbrukning en värmepump kan ha så används sambandet:

$$\text{COP} = \frac{q_{\text{bort}}}{W} \quad (10)$$

där q_{bort} = avgiven värmeeffekt

W = är tillförd energi i form av elektricitet.

En värmepump dimensioneras vanligen för att täcka omkring 60- 70 % av det maximala effektbehovet för att driften ska vara lönsam. Om det antas att regenereringsbatteriets maximala effektbehov är cirka 250 kW så innebär det att en värmepump bör dimensioneras för att kunna avge 170 kW.

3.3.3 Solenergi

Ett miljövänligt och hållbart alternativ till uppvärmning är solvärme. Fördelar med solvärme är att energin är gratis. Definitionen av solenergi är solstrålning eller omvandlad solstrålning som har högre energikvalitet än värme med omgivningstemperatur. När solenergin har omvandlats till värme av omgivningstemperatur bör den inte betraktas som användbar solenergi längre. En solvärmeanläggning består av solfångare som tar upp termisk energi ur solinstrålningen. En solfångares egenskaper bestäms av dess optiska effektivitet (η_0) samt dess värmeisolerande förmåga. Värmeisoleringen brukar uttryckas genom värdet av en total värmeförlustfaktor kallat U-värde. U-värdet påverkas av hur välisolerad solfångaren är. Den optiska effektiviteten är en produkt av solfångarens transmittans och absorbtans. Inuti solfångaren cirkulerar ett media som fungerar som en värmebärare. Den upptagna värmen från solinstrålningen värmer sedan en ackumulatortank via värmeväxlare. Värmesystemet kan sedan förses med varmt vatten ur ackumulatortanken. Värmeutbytet från en solfångare varierar beroende på dess effektivitet och var den sitter. En lämplig placering av solfångare är i sydlig riktning med 45° lutning.

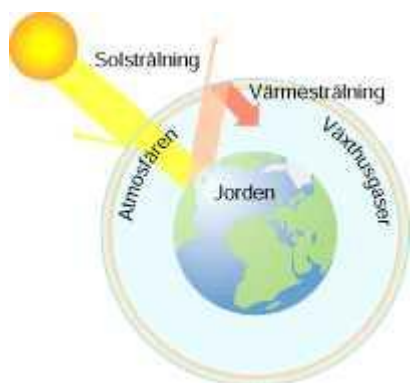
3.3.3.1 Solens intensitet

Solens temperatur är omkring 6000 K och dess strålar har en våglängd på 0,5 μm . Jorden har en temperatur på omkring 300 K och skickar ut långvågig strålning vid omkring 10 μm . Intensiteten på den strålning som lyser mot solens tvärsnittsyta uppnår 1367 W/m^2 . Innanför atmosfären är den maximala intensiteten 1000-1100 W/m^2 . I Sverige är den årliga solinstrålningen mot en horisontell yta omkring 980 kWh/m^2 . I södra Europa och Afrika är årsinstrålningen 2000-2500 kWh/m^2 . En yta riktad mot söder med 45°C lutning ger i Sverige årsinstrålningen 1200 kWh/m^2 . Årsutbytet från en solfångaryta kan uppskattas beroende på verkningsgrad och arbetstemperatur till mellan 350-450 kWh/m^2 (Karlsson, 2008).

3.3.3.2 Växthuseffekten

Inkommande solstrålning och utgående strålning från jorden har olika våglängd. Synlig kortvågig solstrålning transmitteras genom atmosfären. Av utstrålad långvågig värmeinstrålning absorberas en viss del av atmosfären. Av den absorberade strålningen återstrålas en del mot jordens yta medan resten fortsätter utåt mot universum. En ökning av atmosfärens absorption av jordens emitterade värmeinstrålning ger en temperaturhöjande effekt. Växthuseffekten har fått sitt namn av att glas har samma funktion som atmosfären

när det gäller att transmittera solstrålning och absorbera långvågig värmestrålning, se Figur 3.



Figur 3: Solinstrålning transmitteras genom atmosfären men en del värmestrålning absorberas och återstrålas mot jorden. Källa: (Miljöbörsern, 2012).

3.3.3.3 Passiv solvärme

Med passiv solvärme menas solinstrålning i första hand genom fönster som värmer byggnader. Tunga byggnader i exempelvis betong kan lagra solenergi och avge värme under nattetid (Boyle, 2004). Passiv solvärme kan innebära ett gratis värmetillskott men kan även ge ett oönskat värmeöverskott. Vid applikationer av passiv solinstrålning är byggnadens egenskaper viktiga. För att släppa in en stor del av solinstrålningens termiska energi så bör det finnas en stor fönsterarea i söderläge. Byggnadskonstruktioner i termiskt tunga material som betong eller tegel ger en lagring av värme. Det bör även vara välisolerat för att behålla värmeenergin. Isoleringens effektivitet påverkas av dess tjocklek och värmeledningsförmåga.

Vid oönskad passiv solinstrålning som ger värmeöverskott kan inre eller yttre fönsteravskärmning minska solinstrålningens effekt.

3.3.3.4 Aktiv solvärme

Vid aktiv solvärme menas att solvärme absorberas och värmer upp vatten. Det gemensamma namnet för denna typ är ovan nämnda solfångare. Solfångare kan ha olika utformning. Vanligen består solfångare av en svart absorberande yta som absorberar nästan all inkommande strålning. Solfångaren består även av isolering, vätskekanaler samt ett transparent lock som släpper in all strålning men minskar värmeförluster i form av långvågig strålning. Vid höga temperaturer använd så kallade "heat pipes" som innehåller en vätska med ett tryck som gör att den kokar vid den varma delen men kondenserar vid den kalla delen av röret där vatten tar upp värmen (Boyle, 2004).

3.3.4 Elpanna

Att installera en elpanna är ett alternativ till att ta ut värme ur värmesystemet. En elpanna värmer upp vatten med elpatroner. Värmevattnet pumpas sedan ut till värmesystemet som radiatorer eller ventilation. Elpanna är även möjligt att kombinera med andra uppvärmningsalternativ. Tillgången till el är betydligt stabilare än tillgången till solvärme och spillvärme. Elpriset för industrin ligger i nuläget på omkring 55 öre/kWh vilket gör en elpanna till ett ekonomiskt försvarbart alternativ. Vad som bör vägas in är att gratis kondensationsvärme finns tillgänglig, dessutom infinner sig det stora värmebehovet under sommaren då tillgången till solvärme är som störst. Kostnader för el kan i framtiden öka vilket innebär att elvärme i första hand bör användas vid ett stort behov som inte kan täckas med spillvärme eller solenergi.

3.3.5 Miljö

Förbränning av olja innebär en hel del utsläpp av växthusgaser som koldioxid samt svavel och kväveföreningar. Vid en miljövärdering av en åtgärd som på något sätt påverkar energianvändningen övervägs total klimatpåverkan, emissionsfaktorer samt primärenergifaktor. Den totala klimatpåverkan tas fram genom att den totala bränsleanvändningen multipliceras med en emissionsfaktor. Emissionsfaktorn är en utsläppskoefficient som tas fram med hänsyn till de utsläpp som görs i samband med brytning, utvinning, produktion, distribution och förbränning av bränslet.

Exempelvis så är emissionsfaktorn från förbränning av 1 kWh olja 270 g CO₂, till det läggs utsläpp som härrör från distribution och produktion som när det gäller olja är omkring 21 gram CO₂ (Sabo, 2012). Det ger en total klimatpåverkan på 291 gram CO₂ /kWh vid förbränning av olja.

Primärenergi är en teknisk term för energi som tillförs ett energisystem i sin ursprungliga form. Primära källor kan omvandlas till mer användbara former som till exempel elektricitet, dessa kallas då sekundära energikällor (Energimyndigheten, 2012).

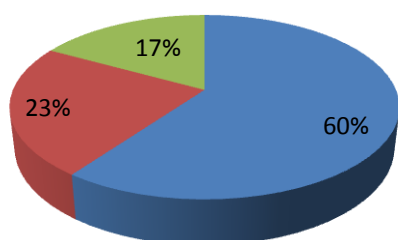
Primärenergifaktor är en resursförbrukningskoefficient som multipliceras med använt bränsle för att få fram energianvändningens resursförbrukning. Detta ger ett mått på hur mycket av jordens tillgångar som förbrukas mätt i primärenergi för att producera den energi som används. Detta mått tar hänsyn till om till exempel spillenergi eller ändliga resurser har använts.

3.3.5.1 Klimatvärdering av el

I Norden finns en gemensam elmarknad vilket innebär att det sker ett utbyte mellan nordiska länderna. Det nordiska elsystemet sammanbinds även med övriga Europa om än i begränsad mängd. Det nordiska elsystemet är uppbyggt med baskraft, reglerkraft och intermittent kraft. Baskraften består av vattenkraft, kärnkraft och bränslebaserad elproduktion, se Figur 4. Vattenkraften används som reglerkraft när det sker bortfall i intermittenta kraftslag som till exempel vindkraft.

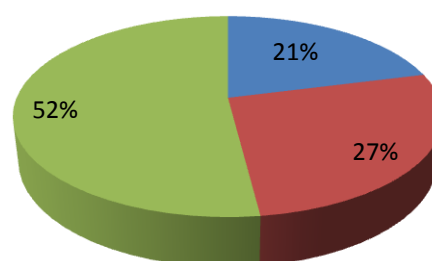
Nordisk elproduktion

■ Förnybar el ■ Kärnkraft ■ Fossilbaserad el



Elproduktion i EU

■ Förnybar el ■ Kärnkraft ■ Fossilbaserad el



Figur 4: Diagrammen visar fördelningen av elproduktion i Norden och EU. Källa: (Svensk Energi, 2012).

Elbehovet varierar hela tiden och den elproduktion med lägst driftskostnad används i första hand. Vid stort elbehov används så kallad marginalet vilket definieras av hög rörlig kostnad, stor flexibilitet och kapacitet att öka eller minska produktionen. I Norden och övriga Europa är stor del av marginalet baserad på kolkondens, som leder till utsläpp av växthusgaser. För att styra produktionen av el finns system med styrmedel, så kallade elcertifikatsystem. Dessa stöder utbyggnad av förnybar elproduktion (Gode, Byman, Persson, & Trygg, 2009).

Inom EU finns en handel med utsläppsrätter som påverkar utsläpp av koldioxid. Ett företag som överskrider en viss mängd koldioxidutsläpp åläggs ekonomiska avgifter som baseras på mängden miljöförstörande utsläpp. Tabell 1 visar emissionsfaktorer av koldioxidutsläpp från förbränning vid elproduktion.

El	Emissionsfaktor [g CO ₂ -e/kWh]
Nordisk elmix	70
Vindkraftsel	0
Kärnkraft/Vattenkraft	70
Europeisk elmix (medelvärde)	415
Dansk kolkraft	780
Svensk elproduktion (medelvärde)	20

Tabell 1: Koldioxidutsläpp från enbart förbränning vid produktion av el.

Källa: (Sabo, 2012).

I dagsläget innebär energieffektiviseringar som minskar elförbrukningen att mindre marginalel används, det vill säga till stor del el producerad vid kolkondenskraftverk. Exempelvis så drivs en kompressor värmepump på el men bara en ungefär en tredjedel av vad direktverkande el kräver för att ge samma effekt. Vid förnybar elproduktion som vindkraft och solceller sker inga utsläpp alls vid produktionen, det man kan beakta är behovet av energi vid byggandet och transport av dessa anläggningar. Vid tillvaratagande av spillvärme som annars skulle gå förlorad sker inga utsläpp.

4 Resultat

4.1 Effektbehov komfortkyla

En energimätare har installerats i undercentralen, den visar att energiuttaget ur det interna värmesystemet under perioden från och med maj till och med augusti då kylbehovet inträffar varit ca 223 MWh. Denna energianvändning fördelad på perioden ger följande avgiven snitteffekt: $P = 223000 \text{ kWh} / 2952 \text{ h} = 75 \text{ kW}$

Enligt Munters beräkningar så har regenereringsbatteriet kapacitet att under förhållanden där utetemperaturen är 30°C höja temperaturen på frånluften från 34°C till 55°C.

Luftflödet i aggregatet är 10 m³/s och den önskade temperaturhöjning för effektivaste torkning och sedermera kylning är alltså 21°C.

Ekvation (2) ger effektbehovet 252 kW.

Eftersom värmevattnets densitet och specifika värmekapacitet är relativt konstant så innebär det att effektavgivningen regleras med temperaturer och flöde.

4.2 Kondensationsvärme från processkyla

Processerna i industrilokalen kräver kylning, detta sker i form av en ackumulerande kyltank. Processernas kylbehov täcks av två identiska kylmaskiner. Dessa kylmaskiner har en maximal kyleffekt på 100 kW. Kompressorerna kräver 41 kW.

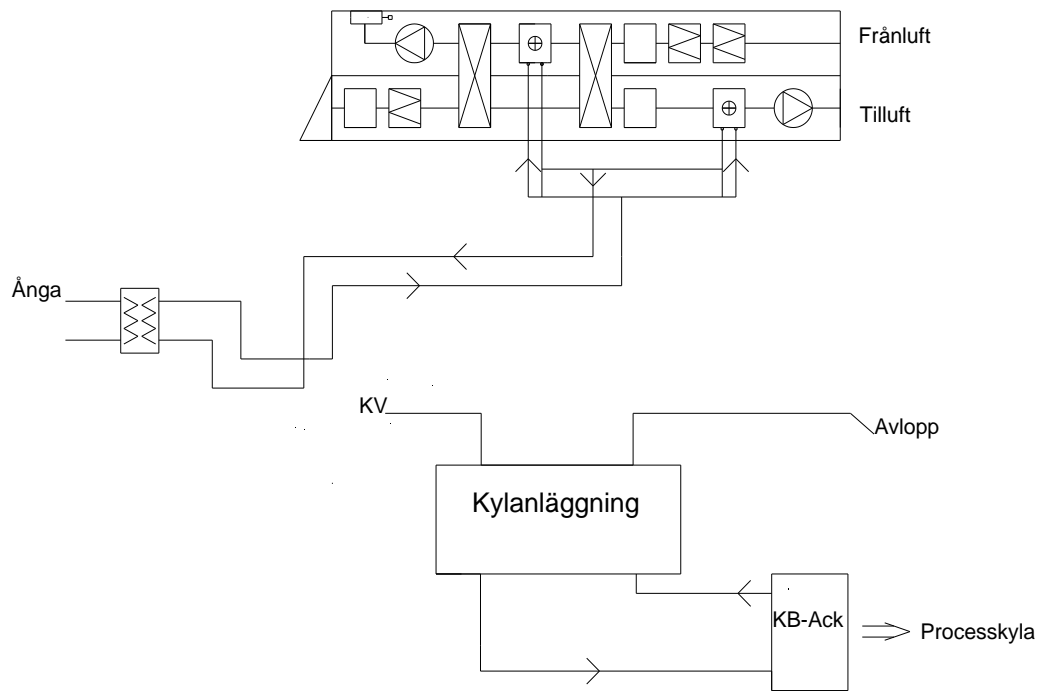
Vid mätningar på plats så har detta spillvatten hållit en temperatur på omkring 25°C.

Kylmaskinerna arbetar med en flytande kondenseringstemperatur och ska kunna klara drift med ca 45°C.

Ekvation (1) ger att kylanläggningens värmeeffekt blir 129 kW.

Kondensatorerna i kylmaskinerna kyls med kallt industrivatten som efter att upptagit kondensationsvärmets går ner i avloppet, se figur 5.

För att effektivisera energisystemet i lokalen så bör man se över möjligheten att ta vara på den värmeeffekt som kylmaskinerna avger.

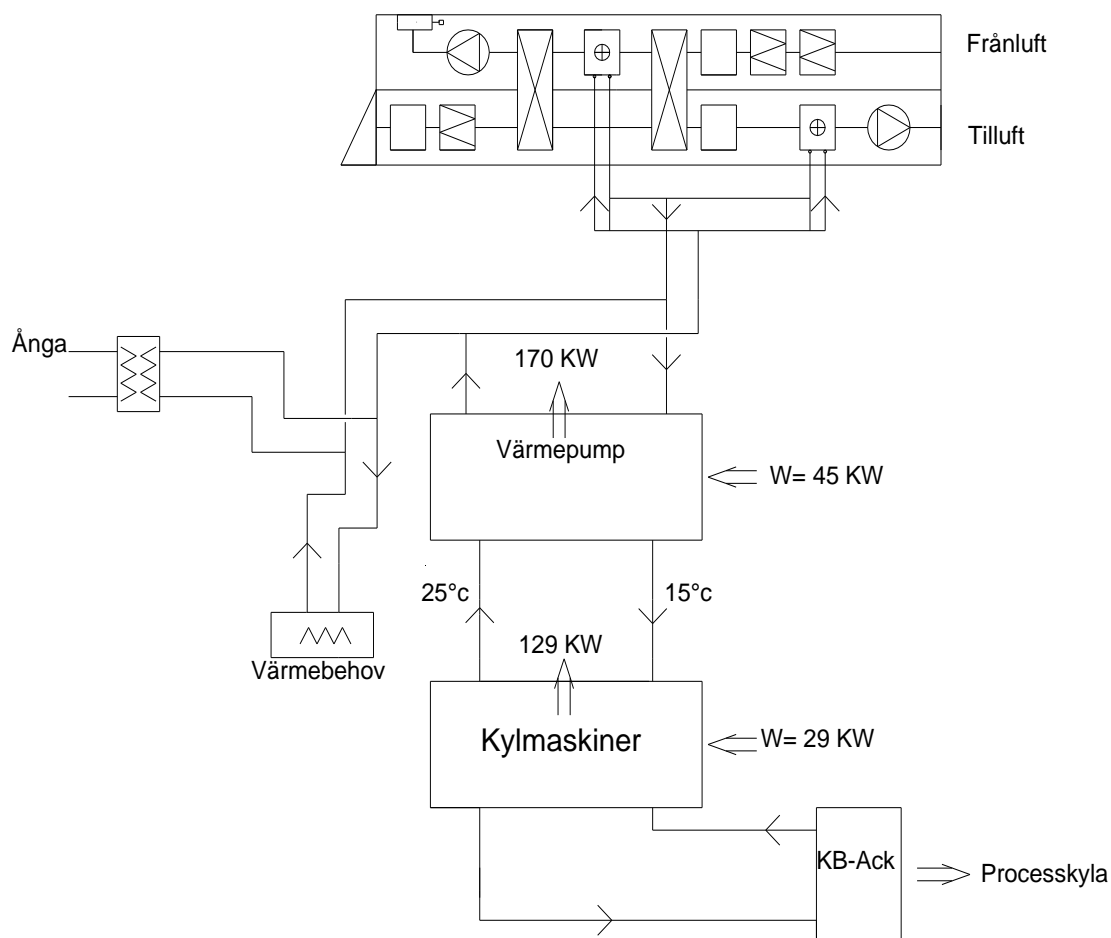


Figur 5: Principskiss över process och komfortkyla där värmesystemet förser värmebatterierna i ventilationen med värmevatten, kylanläggningens kondensorer kyls med industrivatten.

4.3 Värmeåtervinning med värmepump

Med en värmepump skulle kondensationsvärmen från kylanläggningen som i nuläget går till spillo kunna tas tillvara. Värmepumpen dimensioneras för att avge 170 kW.

Värmeeffekt upptas i en förångare och avges i en kondensator vid en högre temperatur, se Figur 6.



Figur 6: Principskiss där kylvattnet från kylmaskinerna används som köldbärare till en värmepump som förser värmebatterier med värmevatten.

Med driften av kylmaskinerna i dagsläget så finns tillgång spillvatten med en temperatur på omkring 25°C. Ekvation (9) ger ett COP på 4.

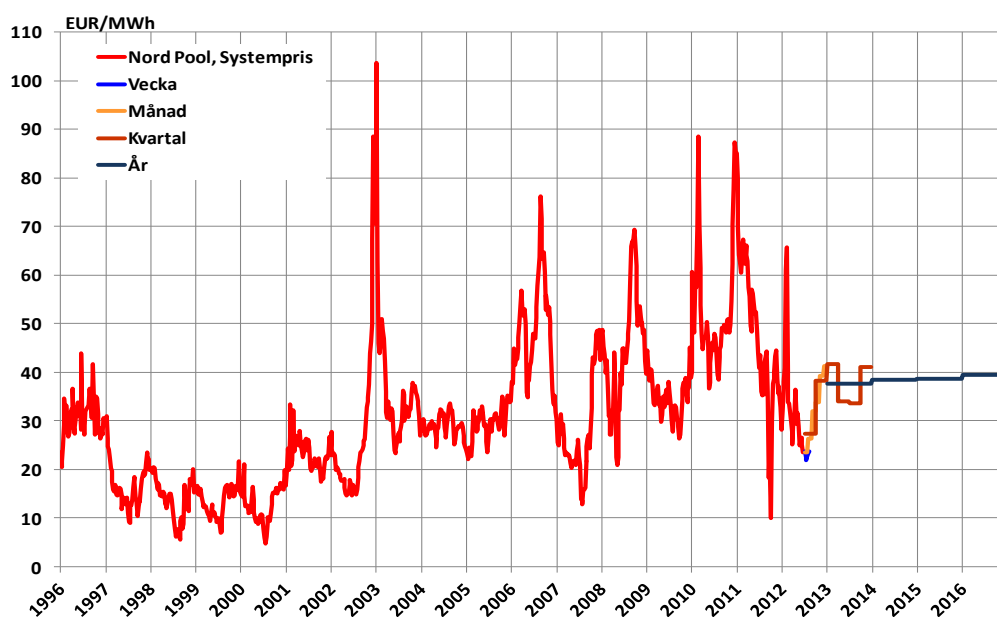
Vid drift med maximal effekt blir behovet av tillfört arbete enligt ekvation (10) 45 kW.

Priset för värmen per producerad kWh inklusive värmeförluster är omkring en krona vilket ger priset 223000 kr under kylperioden. Med värmepumpen kommer tillförd energi att vara den el som driver dess kompressorer. Sannolikt kommer en pump med denna effekt att täcka värmebehovet. För att producera 223 MWh värme under samma tidsperiod krävs 56 MWh elektricitet. Priset för elen i industrin är i dagsläget 55 öre vilket ger priset 13-14 öre per producerad kWh värme med värmepump. Priset för värme blir då omkring 30 000 kr.

Nackdelar med en sådan typ av värmepumpslösning är att det blir korta drifttider samt att inköpspriset på en lösning i den här storleken kommer upp i omkring 920 000 kr (Lundgren, 2012). Värmepumpen kan även användas till radiatorsystem eller luftvärmare i närliggande byggnader under vintertid. Uppskattningsvis så finns värmebehov under 200 dagar vilket ger 4800 timmar. Värmepumpen ger då 816 MWh vilket kostar omkring 114 000 kr. Uppskattad årlig kostnadsbesparing enligt gjorda antaganden blir 895 000 kr.

4.3.1 Elpriser

När det gäller elpriser i framtiden så råder en stor osäkerhet. Många faktorer påverkar men på den nordiska elmarknaden är nederbörd, vind och temperaturer viktiga faktorer. Figur 7 visar variationen i systempris sedan 1996. Andra saker som påverkar är klimatpolitik, råvarupriser, finanskriser samt eventuella tekniska besvär med exempelvis kärnkraft.



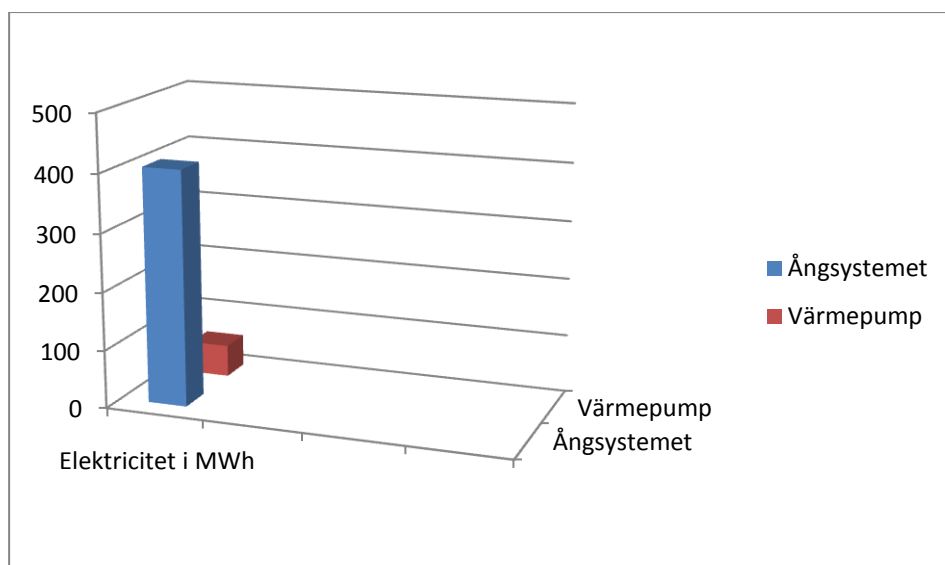
Figur 7: Diagrammet visar systempriset på el sedan 1996. Källa: (Svensk Energi, 2010).

Skatter och avgifter står för det slutliga priset för elkonsumenten. Inom industrin finns kraftiga skattelättnader på elpriset.

4.3.2 Resultat ur miljöaspekt

Energieffektiviseringen med värmepump ger en miljömässig vinst då utsläpp av CO₂ minskar. Vid förbränning av olja släpps 271 g CO₂/kWh ut.

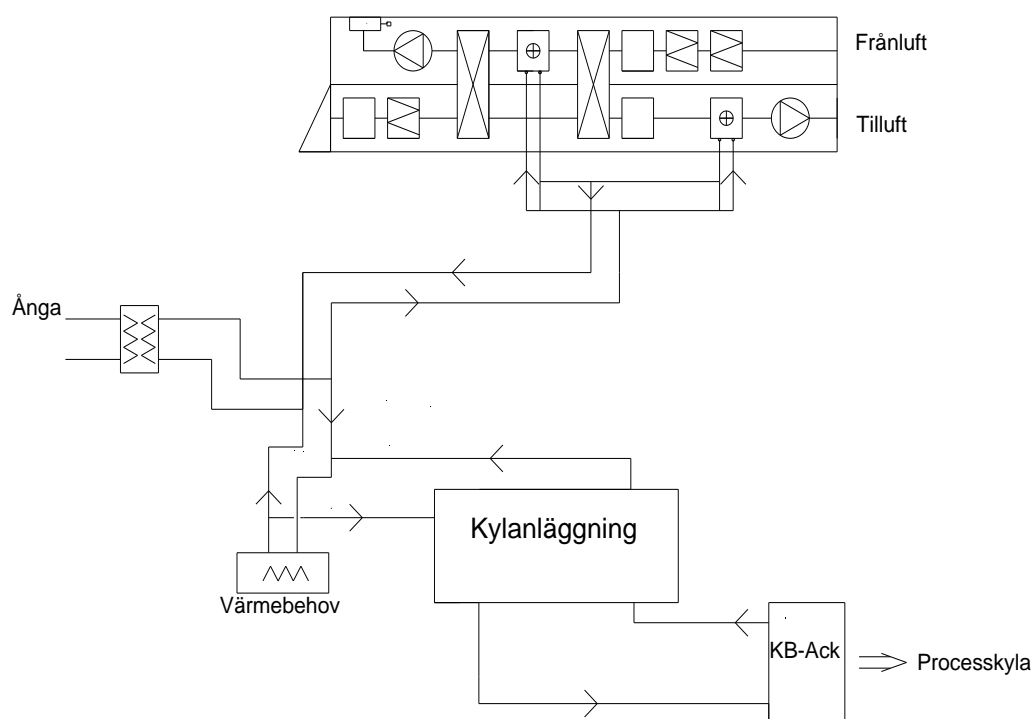
Under sommarperioden används elektricitet för produktion av ånga och vanligen ingen olja. Under den kalla tiden på året används däremot olja till stor del och vid användning av värmepump minskar utsläpp främst genom mindre energianvändning, se figur 8. Det är mycket svårt att redovisa konkreta resultat av utsläpp. Under sommaren består elen av mestadels vattenkraft och kärnkraft vilket ger små utsläpp.



Figur 8: Diagrammet visar beräknad använd elektricitet för uppvärmning under kylperioden maj- aug.

4.4 Förvärmning av returvatten

Vid drift av kylanläggningen med en utgående spillvattentemperatur vid 45°C kan returvatten från luftvärmare och radiatorer förvärmas, se Figur 9. Detta är möjligt så länge returvattnet har en lägre temperatur än kylvattnet ur kondensorn. Detta skulle kunna ge en besparing under delar av året. I brist på energistatistik och reglerkurvor görs inga beräkningar angående besparingsmöjligheter på detta sätt i denna rapport. Denna temperaturnivå lämpar sig bäst till lågtempererade värmesystem som golvvärme eller vissa luftvärmare. Denna effektivisering skulle innebära en lägre investeringskostnad men även mindre energibesparingsmöjlighet.



Figur 9: Värmeåtervinning direkt från kylanläggningen, kondensorn avger upp till 129 kW till returvattnet.

4.5 Solvärme

För att ekonomiskt gå med vinst med solvärme så behöver man tänka långsiktigt. Eftersom energin är gratis så är installation av solfångare en tydlig effektivisering. För att täcka hela behovet av värme under juli skulle det krävas omkring 930 m² solfångarearea (se 4.5.1). En annan lösning är att dimensionera för att täcka en del av effektbehovet och spetsa resten med det befintliga värmesystemet, se Figur 10.

4.5.1 Dimensionering av solvärmesystem

När ett solvärmesystem ska dimensioneras är det vanligt att man dimensionerar för att täcka halva tappvattenbehovet för byggnaden i fråga. Den tumregeln gäller i första hand bostäder. I fallet med sorptionskyla där värmebehovet till stor del är flyttat till sommaren bör möjligheten att använda sig av solvärme ses över. För att täcka hela energibehovet under kylperioden maj-augusti krävs en solfångaryta på ca 930 m². Enligt beräkningen: Medel energiuttag/månad vid arbetstemperatur på 60°C är ca 60 kWh/m² medan medelbehovet/månad under samma period är 55,744 MWh (Karlsson, 2008).

Erforderlig solfångarearea är då $\frac{55744 \text{ kWh}}{60 \text{ kWh/m}^2} = 929 \text{ m}^2$

Priser på solfångare och dess tillbehör varierar grovt räknat mellan ca 2000 – 5000 SEK/m². Den mest ekonomiska solfångaren kan sägas är den som har minst förhållande mellan kr/modul och kWh/modul. Man bör även tänka på att systemfunktionen är minst lika viktig som värmeutbytet per solfångarearea. Värmeutbytet beräknas utifrån vissa givna förutsättningar och kan inte bli så mycket högre men vid dålig systemfunktion kan det däremot bli mycket sämre.

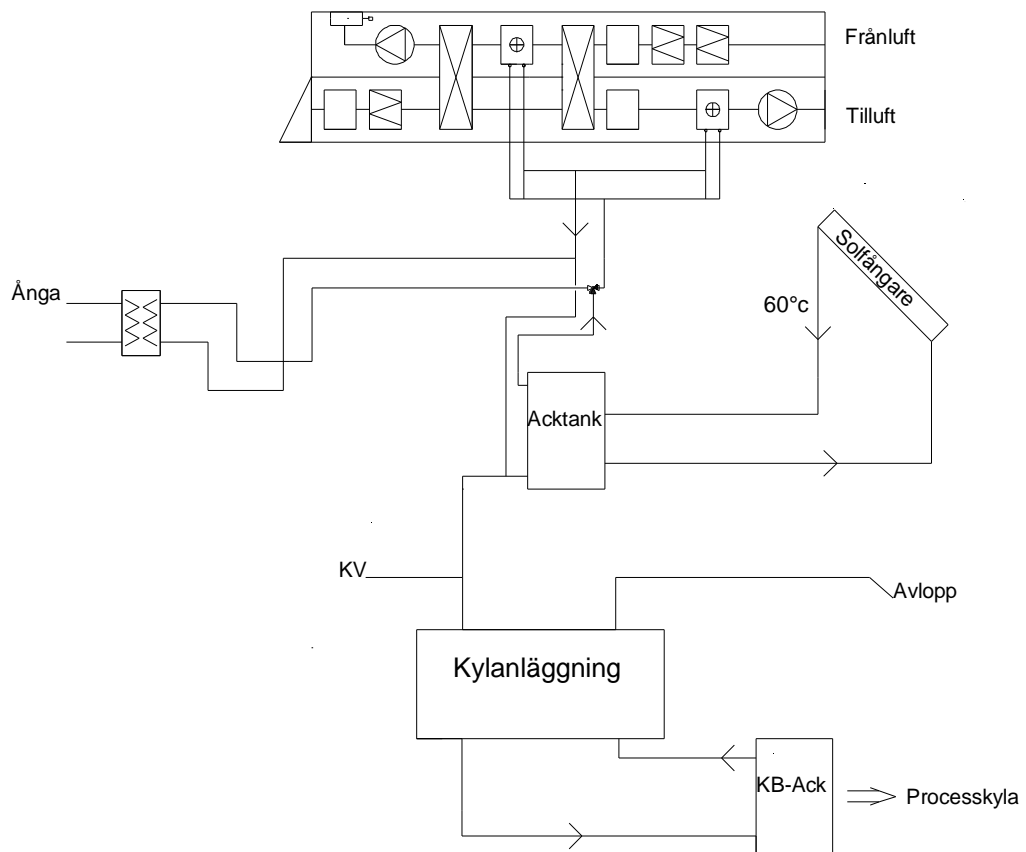
För att minska solfångarean och därmed inköpskostnader så är en kombilösning med solvärme och det redan befintliga värmesystemet eller kondensationsvärmen en möjlighet.

Med den energianvändningen som komfortkyla har skulle besparingen 223 000 kr/år i bränslekostnad göras. Då pris på solfångare varierar en hel del är det svårt att säga exakt hur mycket en sådan stor installation skulle kosta. Med priset 2000 kr/m² inklusive tillbehör hamnar det på 1 858 000 kr. Installationskostnader och arbetskostnader ger en investering på 2 miljoner kr grovt räknat. Oavsett investering så kommer avbetalningen i form av minskade driftkostnader att vara gjord efter omkring 9 år. Efter det kommer solenergin att vara gratis och vinsten proportionell med investeringen.

Solfångare med arbetstemperatur runt 60°C ger ganska låg effekt per m² under det kalla halvåret, men viss energi kan tas tillvara och användas till exempelvis uppvärmning av tappvatten eller luftvärmare. Detta skulle kunna sänka avbetalningstiden något, ingen vidare undersökning angående det görs i denna rapport.

4.5.2 Stora miljövinster med solvärme

Solvärme är en förnybar energiform som inte ger några utsläpp. Att använda förnybar energi innebär att mindre primäre energi används och detta bidrar till ett hållbart system. Alla utsläpp från förbränning av olja och tillverkning av elektricitet försvinner om solenergi istället används som källa. Den tillförda energin är el till cirkulationspumpar i systemet, vilket inte är några större mängder.



Figur 10: Principskiss över solvärmesystem som värmekälla till komfortkylan. Solfångare absorberar solvärme som sedan lagras i en ackumulatortank.

5 Diskussion

Sorptiv kylning ger ett behagligt inneklimat på ett miljövänligt sätt. Komfortkyla kan anses som en onödigt dyr lyxvara i en industri men i detta fall är inneklimatet av stor vikt för att produktionen ska fungera. Idén med effektiv värmeåtervinning under vintertid och värmedriven komfortkyla under sommaren är intressant ur energisynpunkt. Möjligheter till värmeåtervinning och användning av förnybar energi är tydliga. I denna rapport har fokus riktats på möjlighet till installation av värmepump och solenergi.

Kondensationsvärme som redan finns tillgänglig är en bra värmekälla för att driva en värmepump i brist på primär spillvärme. I detta fall är kylmaskiner och ventilationsaggregat väldigt nära placerade vilket underlättar en sådan installation.

Värmepumpar är effektiva i den bemärkelsen att det krävs lite elektricitet för att producera värme. Ur ekonomisk synvinkel är en värmepump ett alternativ med väldigt låga driftkostnader för en industri då elpriset är klart lägre än för andra konsumenter. Det man bör ha i åtanke är att principiellt sett påverkar en större elanvändning miljön på ett negativt sett då ökat behov av el leder till större användning av marginaler.

För att minska inköpskostnad och dessutom slippa tillföra elektricitet så är förvärmning av returvatten från luftvärmare eller radiatorer ett alternativ, en sådan lösning ger stor flexibilitet när det är dags att byta kylaggregat.

Solenergi är en förnybar källa som bör utvecklas och användas. Fördelarna är naturligtvis att all energi är gratis samt att uppvärmningen inte har någon klimatpåverkan. Nackdelar med stora installationer är att de är utrymmeskrävande och relativt dyra till inköpspris. Ur ett långsiktigt perspektiv är även en solfångaranläggning ekonomiskt lönsam då den håller upp till tjugofem år. Stora fördelar med solenergi är minskat behov av olja och elektricitet eller andra former av primärenergi.

Nackdelar med energieffektiviseringsåtgärder kan vara att investeringen är så dyr att avbetalningstiden anses bli för lång. Det finns även osäkerheter i råvaruprisers utveckling. När det gäller elpriset har i denna rapport antagits ett konstant elpris då variationer i spotpris, ändrade styrmedel och skatteregler för industrier är svåra att förutse med hjälp av tidigare statistik och prognoser.

När det gäller inneklimatet i industrilokalen förekommer det ibland övertemperaturer på grund av interna värmelaster vid hög utetemperatur. För att minska behovet av kyla kan enkla metoder som yttre fönsteravskärmning vara användbara speciellt då många fönster ligger i söderläge och därmed träffas av stor mängd inkommande solstrålning. En större takplacerad solfångaranläggning skulle rent teoretiskt kunna avskärma delar av

solinstrålningen mot taket och på så sätt minska det kylbehov som den ska besörja. I den här rapporten görs ingen ingående analys av förbättrat inneklimat.

6 Slutsatser

Priset på värme från ångsystemet är omkring en krona per kWh medan samma energi kostar cirka 14 öre med en värmepump, det gör en värmepump lönsam under sin livstid då den kan användas till både värme och kyla. Den minskar även miljöpåverkan i detta fall.

När värmebehov inträffar under sommaren är solvärme ett alternativ som är mycket miljövänligt, ur ekonomisk synvinkel kan solenergi vara lönsamt på mycket lång sikt. Att använda den värmeeffekt som redan finns tillgänglig är ett ekonomiskt och miljövänligt alternativ som inte kräver någon tillförd energi.

7 Litteraturförteckning

- Allegri, J., & Dorer, V. (December 2012). Influence of the urban microclimate in street canyon on the energy demand for space cooling and heating of buildings. *Energy and Buildings*, 55, 823-832.
- Alvarez, H. (2006). *Energiteknik*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Boverket. (den 12 Oktober 2012). Hämtat från <http://www.boverket.se/Bygga--forvalta/Bygga-andra-och-underhalla/Inomhusmiljo/Tappvatten/Legionella/>.
- Boyle, G. (2004). *Renewable Energy*. New York: The open university.
- Daou, K., Wang, R., & Xia, Z. (April 2006). Desiccant cooling airconditioning. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 10(2), 55-77.
- Energimyndigheten. (den 05 Oktober 2012). Hämtat från <http://www.energimyndigheten.se/sv/Statistik/Regional-och-kommunal-statistik/Anvandning-av-statistiken/Primarenergi/>.
- Enteria, N., & Mizutani, K. (Maj 2011). The role of the thermally activated desiccant cooling technologies in the issue of energy and environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(4), 2095-2122.
- Fredriksson, J., & Sandberg, M. (Juli 2009). The effect on false ceiling on the cooling capacity of passive chilled beams. *Building and Environment*, 44(7), 1426-1430.
- Gode, J., Byman, K., Persson, A., & Trygg, L. (2009). *Miljvärdering av el ur ett systemperspektiv*. IVL, Svenska Miljöinstitutet.
- Karlsson, B. (2008). Professor. *Energiutbyte för solceller, solfångare och fönster*. Studentlitteratur.
- Kaska, Ö., & Yumrutas, R. (December 2008). Comparison of experimental and theoretical results for the transient heatflow through multilayer walls and flat roofs. *Energy*, 33(12), 1816-1823.

Miljöbörsen. (den 21 September 2012). Hämtat från
<http://www.miljoborsen.se/gpage21.html>.

Munters. (den 10 September 2012). Hämtat från
<http://www.munters.se/upload/Related%20product%20files/Broschyr%20DesiCol.pdf>.

Sabo. (den 16 Oktober 2012). Hämtat från
http://www.sabo.se/SiteCollectionDocuments/MILJOVARDERING20100927_lu.pdf.

Svensk Energi. (den 15 oktober 2010). <http://www.svenskenergi.se/sv/Om-el/Fakta-om-elmarknaden/Spotprisets-utveckling-sedan-1996/>.

Svensk Energi. (den 20 September 2012). *Elens miljöpåverkan*. Hämtat från
http://www.svenskenergi.se/upload/Sv%20Energi_milj%C3%B6broschyr_SLUT.pdf.

Warfvinge, C. (2007). *Installationsteknik AK för V*. Lund: Studentlitteratur AB.

Wikipedia. (den 20 Oktober 2012). Hämtat från
<https://sv.wikipedia.org/wiki/Hygroskopi>.

7.1 Muntliga referenser

Lindborg, D. (2012). *Flödeschef*, Sandvik AB.

Lundgren, T. (2012). *VD*, Kylproduktion AB.

