

# Analys och optimering av värmesystemet vid centrallasarettet i Karlskrona, för att möjliggöra en ekonomisk och hållbar drift vid låg last

**Tomas Rasmussen**

Blekinge Tekniska Högskola  
Institutionen för strategisk hållbar utveckling  
Karlskrona

2016

Följande arbete är utfört som en obligatorisk del av utbildningen på programmet "*Högskoleingenjör i energisystem för hållbar utveckling*" på Blekinge Tekniska Högskola.



*i samarbete med*



# Sammanfattning

På uppdrag av Landstinget Blekinge har jag fått i uppgift att undersöka vilka möjligheter som finns för att optimera lasarettet i Karlskronas system för varmvatten- och ångproduktion baserat på vad som är ekonomiskt fördelaktigt och miljömässigt hållbar under sommarperioden 15 maj till 30:e september. Idag sker produktionen av varmvatten och ånga med flispanna under vinter-, vår och höstperioden samt med en kombination av elpanna och fjärrvärme under sommarperioden till följd av att flispannan inte klarar att eldas mot de låga laster<sup>1</sup> som förekommer under årets varmare månader. Den kombinerade produktionen, med både elpanna och fjärrvärme, har visat sig vara avsevärt mycket kostsammare än om produktionen hade kunnat ske med flispannan, på grund av höga el- och fjärrvärmepriser. Landstinget Blekinge önskar utreda vilka åtgärder som skulle kunna vidtas för en mer hållbar och ekonomiskt fördelaktig produktion under årets varmare månader. De åtgärder som har utretts i rapporten är tillämpning av absorptionskyla för ökat värmeunderlag<sup>2</sup>, en mindre kompletterande flispanna samt kostnaden för fjärrvärmeproduktion vid en eventuellt upphörd ångproduktion. I rapporten framgår att föreslagna lösningar är tänkbara alternativ för en ekonomiskt fördelaktig och miljömässigt hållbar produktion under årets varmare månader. Samtliga lösningar resulterar enligt rapporten i en billigare och mer hållbar produktion av varmvatten och ånga, och med återbetalningstider som är lägre än gällande avskrivningstider och ekonomiska livslängder. Den lösning som på kort sikt visar sig mer lönsam, med avseende på kostnad per producerad MWh<sup>3</sup> och avbetalningstid, är tillämpandet av absorptionskyla. I rapporten framgår dock att ett större kylunderlag än vad som har utretts i rapporten i så fall är önskvärt för en optimerad hållbarhet. En mindre kompletterande flispanna visar sig också resultera i en billigare produktion än dagens, om än med en längre avbetalningstid till följd av en högre investeringskostnad. Fördelar med en kompletterande flispanna, vilket nämns i rapporten, är att detta alternativ också medför ett mer hållbart och billigare komplement vid spetslaster<sup>5</sup> under årets kallare månader. Fortsatt produktion med enbart fjärrvärme är ett tredje alternativ som utreds, och som skulle kunna ses som förmånligt om sjukhuset skulle välja att avveckla det centrala ångsystemet. Detta arbete visar att det med föreslagna lösningar skulle bli 140 till 279 kronor billigare per producerad MWh under lösningarnas ekonomiska livslängd och med gällande priser med avbetalningstider på 0-24 år.

---

<sup>1</sup> Momentant effektbehov

<sup>2</sup> Energianvändning och laster för produktion av tapp- och radiatorvarmvatten samt ånga.

<sup>3</sup> Megawattimmar

## Abstract

Commissioned by the Blekinge County Council, I have been tasked to investigate the possibilities for optimizing the hospital in Karlskrona systems for hot water and steam production based on what is economically beneficial and environmentally sustainable in the summer period 15 May to 30 September. Today, the production of hot water and steam is provided by a wood chip boiler during winter, spring and autumn and with the combination of an electrical boiler and district heating during the summer due to the wood chip boiler not being able to be fired toward the low loads that occur during the warmer months. The combined production of both the electric boiler and district heating, has proven to be considerably more expensive than if the production could have been done with the wood chip boiler, due to the high electricity- and district heating prices. Blekinge County Council wishes to examine what measures could be taken for a more sustainable and economical production during the warmer months. The measures that have been investigated in this report is the application of an absorption chiller for increased heating surface, a small additional chip boiler and the cost of district heating at a possible cessation of steamproduction. The report shows that the proposed solutions are possible options for an economically beneficial and environmentally sustainable production during the warmer months. All solutions resulting reportedly in a cheaper and more sustainable production of hot water and steam, and with repayment periods that are lower than the depreciation and economic life. The solution that in short terms proves more profitable, in terms of cost per MWh and paybacktime, is the application of an absorption chiller. The report shows, however, that a greater cooling load than what has been investigated in the report is desired for optimized sustainability. A small additional chip boiler also results in a lower productioncost than today, albeit with a longer paybacktime due to a higher investment cost. Advantages of an additional chip boiler, which is mentioned in the report, is that this option also results in a more sustainable and cheaper supplement at the tip of the loads during the colder months. Continued production with district heating alone is a third option which is being investigated, and that could be seen as advantageous if the hospital would choose to settle the central steam system. This work shows that the proposed solutions would be approximately 140-279 kronor cheaper per MWh during the solutions economical lifetime and with the current prices an installment periods of 0-24 years.

# Förord

Jag vill tacka alla inblandade på Blekinge tekniska högskola och Landstinget Blekinge, som har gjort detta examensarbete möjligt.

Jag vill rikta ett extra stort tack till mina handledare på BTH och på Landstinget, *Pia Lindahl* och *Darek Olsson*, som har varit väldigt hjälpsamma och stöttande under hela arbetets gång, och som har visat stort engagemang och intresse för arbetet.

Ett stort tack till Landstingets panntekniker *Christer Nilsson* som har bidragit med mycket värdefull information och kompetens om sjukhusets värmeanläggning och om flispannor och värmeanläggningar i allmänhet.

Jag vill också tacka övriga inblandade på Landstinget, drift- och underhållspersonal, projektledare, ingenjörer, chefer och annan personal som har varit väldigt tillmötesgående vid inhämtandet av information och material. Samt övriga företag som har bidragit med värdefull information för arbetet.

Tack till

*Magnus Pettersson*

*Bengt Lindberg*

*Anders Tovesson*

*Ann-Helene Svensson*

*Marta Nilsson*

*Åsa Norrby*

*Håkan Frej*

*Carrier*

*Ca-mörck AB*

*Jernforsen AB*

*Affärsverken*

*Tomas Rasmussen*

# Innehållsförteckning

|   |           |
|---|-----------|
| <b>SAMMANFATTNING</b> .....   | <b>2</b>  |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | <b>3</b>  |
| <b>FÖRORD</b> .....   | <b>4</b>  |
| <b>INNEHÅLLSFÖRTECKNING</b> .....                                   | <b>5</b>  |
| <b>1 INLEDNING</b> .....  | <b>7</b>  |
| 1.1 BAKGRUND .....  | 7         |
| 1.2 SYFTE .....   | 8         |
| 1.3 FRÅGESTÄLLNING .....  | 8         |
| 1.4 AVGRÄNSNINGAR .....   | 8         |
| <b>2 TEORI</b> .....  | <b>9</b>  |
| 2.1 MILJÖMÄSSIG HÅLLBARHET .....                                    | 9         |
| 2.2 ABSORPTIONSKYLA .....   | 10        |
| 2.3 FLISPANNA .....   | 11        |
| 2.4 FJÄRRVÄRME .....  | 11        |
| 2.5 LÖSNINGARNAS SYFTE OCH FÖRUTSÄTTNINGAR.....                     | 12        |
| 2.5.1 <i>Absorptionskyla för ökat värmeunderlag</i> .....           | 12        |
| 2.5.2 <i>Kompletterande mindre flispanna</i> .....                  | 13        |
| 2.5.3 <i>Fjärrvärme</i> .....                                       | 13        |
| <b>3 METOD</b> .....  | <b>14</b> |
| 3.1 LÖSNINGSFÖRSLAG OCH KRITERIER .....                             | 14        |
| 3.2 NYCKELTAL.....  | 14        |
| 3.3 BEFINTLIGT VÄRMEUNDERLAG.....                                   | 14        |
| 3.4 ABSORPTIONSKYLA FÖR ÖKAT VÄRMEUNDERLAG.....                     | 16        |
| 3.4.1 <i>Lägsta last för kontinuerlig drift av flispannan</i> ..... | 16        |
| 3.4.2 <i>Kylbehov i byggnad 39</i> .....                            | 17        |
| 3.4.3 <i>Förutsättningar för värmesänkan</i> .....                  | 17        |
| 3.4.4 <i>Utrymme för aggregatet</i> .....                           | 18        |
| 3.4.5 <i>Dimensionering av aggregatet</i> .....                     | 18        |
| 3.4.6 <i>Installation</i> .....                                     | 19        |
| 3.5 KOMPLETTERANDE MINDRE FLISPANNA .....                           | 19        |
| 3.6 FJÄRRVÄRME .....  | 19        |
| 3.7 EKONOMISK ANALYS.....   | 20        |
| 3.7.1 <i>Absorptionskyla</i> .....                                  | 20        |
| 3.7.2 <i>Kompletterande mindre flispanna</i> .....                  | 20        |
| 3.7.3 <i>Fjärrvärme</i> .....                                       | 21        |
| 3.7.4 <i>Befintlig flispanna</i> .....                              | 21        |
| 3.7.5 <i>Elpanna</i> .....  | 21        |
| 3.8 JÄMFÖRELSE AV LÖSNINGARNA MOT NYCKELTALEN.....                  | 21        |
| <b>4 RESULTAT</b> .....   | <b>23</b> |
| 4.1 BEFINTLIGT VÄRMEUNDERLAG.....                                   | 23        |
| 4.1.1 <i>Energianvändning</i> .....                                 | 23        |
| 4.1.2 <i>Effektområde</i> .....                                     | 25        |
| 4.2 ABSORPTIONSKYLA FÖR ÖKAT VÄRMEUNDERLAG.....                     | 26        |
| 4.2.1 <i>Baslast för en kontinuerlig drift av flispannan</i> .....  | 26        |
| 4.2.2 <i>Kylbehov i byggnad 39</i> .....                            | 26        |
| 4.2.3 <i>Förutsättningar för värmesänkan</i> .....                  | 27        |
| 4.2.4 <i>Dimensionering</i> .....                                   | 27        |
| 4.3 KOMPLETTERANDE MINDRE FLISPANNA .....                           | 29        |
| 4.3.1 <i>Flispannans märkeffekt</i> .....                           | 29        |
| 4.4 EKONOMISK ANALYS.....   | 29        |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 4.4.1     | <i>Absorptionskyla</i> .....                    | 30        |
| 4.4.2     | <i>Flispanna 2,5 MW</i> .....                   | 30        |
| 4.4.3     | <i>Fjärrvärme</i> .....                         | 30        |
| 4.5       | JÄMFÖRELSE AV LÖSNINGARNA MOT NYCKELTALEN ..... | 31        |
| <b>5.</b> | <b>DISKUSSION</b> .....                         | <b>32</b> |
| 5.1       | ABSORPTIONSKYLA FÖR ÖKAT VÄRMEUNDERLAG .....    | 32        |
| 5.2       | KOMPLETTERANDE MINDRE FLISPANNA .....           | 32        |
| 5.3       | FJÄRRVÄRME VID UPPHÖRD ÅNGPRODUKTION .....      | 32        |
| 5.4       | FELKÄLLOR .....                                 | 32        |
| 5.5       | MILJÖMÄSSIG HÅLLBARHET .....                    | 33        |
| <b>6.</b> | <b>SLUTSATS</b> .....                           | <b>34</b> |
| <b>7.</b> | <b>REFERENSER</b> .....                         | <b>35</b> |

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Blekingesjukhuset i Karlskrona sträcker sig över ett område av 246 241 m<sup>2</sup> (Markyta), med 31 byggnader och några till under uppförande eller projektering. Sjukhuset består av ett stort antal kliniker och mottagningar för öppen- och slutenvård samt övriga verksamhetsytor, och har en total uppvärmd verksamhetsyta på ungefär 156 000 m<sup>2</sup> [1].

Dessa byggnader förses med tapp- och radiatorvarmvatten för hygieniska ändamål och uppvärmning, och vissa avdelningar och byggnader har dessutom en central distribution av ånga för olika tekniska ändamål, t.ex. matlagning, tvätt och desinfektion. Utöver sjukhusområdet och dess byggnader så förses även hyresfastigheterna Annebo med varmvatten från sjukhusets panncentral. Annebo's förbrukning utgör ca 12 % av den totala förbrukningen [2]. Det sammanlagda energibehovet för distribution av ånga, tapp- samt radiatorvarmvatten är omfattande och uppgår till mellan 19 000 och 22 000 MWh/år [3,4]. Produktion av varmvatten sker idag från en variation av källor. Den primära uppvärmningskällan är sjukhusets flispanna på 5 MW som byggdes år 1985 [5], och som är en panna av typ integrerad ugn och panna med rostbädd. Förutom flispannan så finns två stycken oljepannor på 4,5 respektive 7 MW som redundans och som spetsresurser, samt en elpanna på 1 MW som främst används för produktion av ånga under sommarperioden [5, 6]. På senare tid har sjukhusets panncentral även anslutits till Karlskronas fjärrvärmenät som ägs och drivs av Affärsverken, och fjärrvärmen är idag den primära energikällan för uppvärmning av vatten under sommarmånaderna när lasten är låg [6].

Effektbehovet, eller lasten för uppvärmning av vatten och för produktion av ånga, varierar stort över året, och ligger i spannet 0,5-10 MW från minsta till högsta last [5]. Sjukhusets flispanna kan bara eldas effektivt i intervallet 1-5 MW, vid laster under 1 MW blir effektuttaget så lågt att flispannan tenderar att slockna [5]. Historiskt har detta problem lösts genom att flispannans produktion ersätts med produktion i sjukhusets oljepannor vid låg last. I takt med stigande oljepriser och en högre miljömedvetenhet från Landstinget Blekinges sida så har detta alternativ blivit allt mindre attraktivt och används idag enbart som nödlösning och för spetslaster<sup>4</sup> under årets kallaste dagar när effektuttaget överskrider 5 MW [6]. Landstinget har istället valt att koppla upp sjukhuset i Karlskrona mot Affärsverkens fjärrvärmenät för uppvärmning av vatten när uttaget är för lågt för en effektiv drift av flispannan. Inledningsvis så var tanken med uppkopplingen mot fjärrvärmenätet att Landstinget genom detta både skulle kunna importera och exportera energi mot Affärsverken, men i takt med att Affärsverken har ökat sin kapacitet, bl.a. i samband med byggnationen av kraftvärmeanläggningen i Bubbetorp, så har intresset av att importera energi från Affärsverkens sida helt försvunnit [6].

Blekingesjukhuset befinner sig således i en situation där produktion av varmvatten och ånga under stora delar av höst, vinter och vår sker både billigt och hållbart med sjukhusets egen flispanna. Under årets varmare dagar, när behovet av radiatorvarmvatten är lågt, är sjukhuset hänvisat till att använda fjärrvärme för tappvarmvatten och eventuellt för små mängder radiatorvarmvatten samt av elångpannan för produktion av ånga, eftersom fjärrvärmenätets framledningstemperaturer är för låga för att klara ångproduktionen. Att använda två separata lösningar för låga laster blir märkbart dyrare än om produktionen hade kunnat ske med t.ex. sjukhusets egen flispanna. Fram till idag har fjärrvärme inte kunnat användas för att stötta flispannan vid hög last, eftersom systemen inte är kompatibla. Anläggningen är dock under utbyggnad för att detta ska kunna göras i framtiden.

---

<sup>4</sup> Högsta kontinuerliga last

## 1.2 Syfte

Rapporten skrivs som ett examensarbete om 15 högskolepoäng vid Blekinge tekniska högskola och programmet högskoleingenjör i energisystem för hållbar utveckling. Rapporten avser mynna ut i ett underlag för Landstinget Blekinge gällande alternativa lösningar för en ekonomiskt fördelaktig och hållbar produktion av varmvatten och ånga på centrallassarettet i Karlskrona. Detta med avsikten att sjukhuset ska kunna utnyttja sin egen anläggning och egna resurser för produktion av värme till tapp- och radiatorvarmvatten, samt för produktion av ånga, även under årets varmare månader.

## 1.3 Frågeställning

Rapporten utreder sjukhusets värmeunderlag samt alternativa lösningar för produktion av hetvatten och ånga och huruvida dessa skulle kunna vara lämpliga under årets varmare dagar när lasten är för lågt för drift av flispannan, för produktion på ett mer ekonomiskt och miljömässigt hållbart sätt än vad som sker idag.

De lösningar som kommer att utredas i rapporten för att undersöka om utfallet resulterar i en mer ekonomisk och hållbar produktion är:

- Absorptionskyla för ökat värmeunderlag
- Kompletterande mindre flispanna för låga laster
- Samspel med fjärrvärmenätet vid upphörd ångproduktion

## 1.4 Avgränsningar

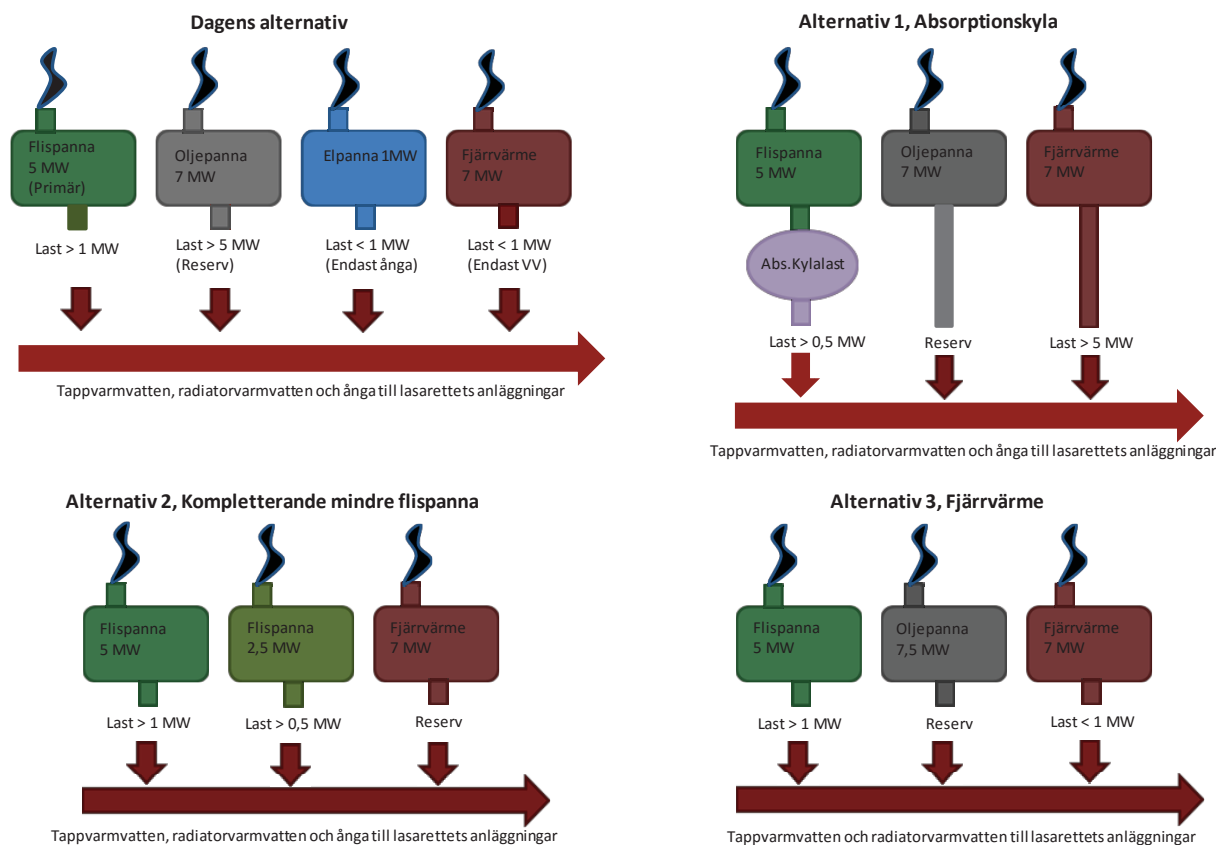
Rapporten avgränsas till fortsatt primär värmeproduktion med lasarettets flispanna, och att finna lösningar för en ekonomiskt fördelaktig och miljömässigt hållbar värmeproduktion under sommarperioden. Alla dimensioneringar och förslag till lösningar kommer att göras utifrån perioden 15 maj till 30 september och efter periodens förutsättningar.

Miljömässig hållbarhet avgränsas till produktionsskedet och till att alternativ som utreds för produktion av hetvatten och ånga ska ske med förnyelsebara och koldioxidneutrala energikällor. Miljömässiga jämförelse av utredda alternativ görs med fokus på klimatpåverkande utsläpp och speciellt på utsläpp av koldioxid.



## 2 Teori

I rapporten jämförs fyra olika produktionsalternativ med avseende på en ekonomisk och hållbar produktion av hetvatten och ånga. Alternativen illustreras i de olika principskisserna i figur 1, där det befintliga alternativet innebär en kombinerad produktion med elpanna och fjärrvärme under sommarperioden. Alternativ 1 bygger på att möjliggöra produktion med den befintliga flispannan även under sommarperioden vilket uppnås genom att höja lasten till erforderlig nivå med absorptionskyla. Alternativ 2 innebär kompletterande produktion med en mindre flispanna för sommarperiodens låga laster. Det sista alternativet, alternativ 3, bygger på en upphörd produktion av ånga där endast fjärrvärme används för hetvattenproduktion under sommarperioden.



Figur 1, systemteknisk principskiss för de olika alternativen.

### 2.1 Miljömässig hållbarhet

Begreppet miljömässig hållbarhet som det används i rapporten syftar på den miljöpåverkan som de olika lösningarna som diskuteras i rapporten har i produktionsskedet. Begreppet bygger på en strategisk hållbar utveckling för värmeenergiproduktion, enligt den del av FSSD (framework for sustainable development) [7], som belyser användning av ekosfärens resurser på ett hållbart sätt, där hållbarhet avser att nyttja jordens resurser på ett sätt som inte är systematiskt nedgraderande, och som till följd kan resultera i resursbrist och/eller obalans i ekosfären.

Miljömässigt hållbara lösningar definieras i rapporten som lösningar som går i enlighet med svenska statens miljöbestämmelse och miljömål [8], med den betydelsen att värmeenergiproduktion först och främst bör ske med förnyelsebara och koldioxidneutrala bränslen och att i övrigt också följa de riktlinjer som finns för olika halter av andra utsläpp som sker till följd av värmeenergiproduktionen [9].

I rapporten ligger fokus på Sveriges miljömål vad gäller klimatpåverkande utsläpp.

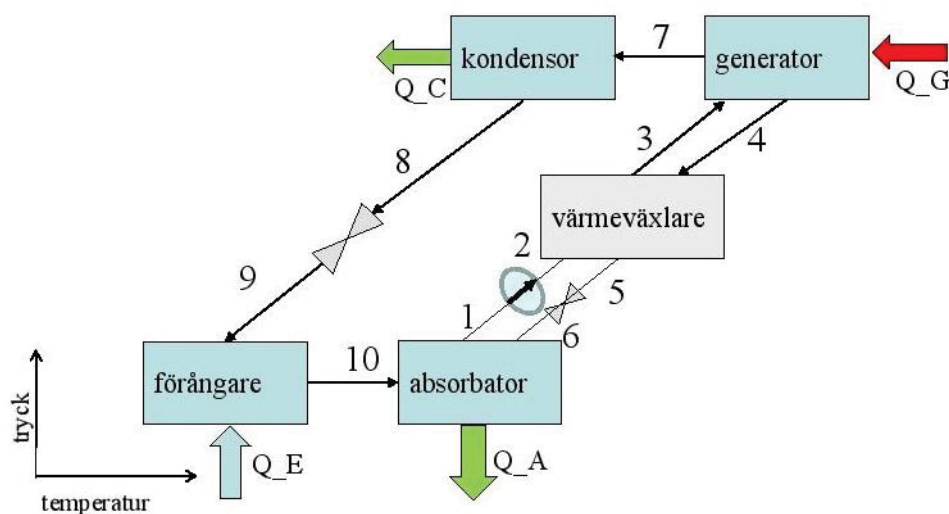
En av de viktigaste växthusgaserna idag är koldioxid, vilken är den växthusgas som bidrar mest till den förstärkta växthuseffekten. Därför ingår mängden koldioxidemissioner vid värmeproduktionen som ett mått på lösningarnas miljömässiga hållbarhet [10].

## 2.2 Absorptionskyla

Absorptionskyla är en teknik som presenterades redan på 1800-talet av Ferdinand Carré. Principen bygger på att med hjälp av värme producera kyla. Detta kan uppnås genom att utnyttja ett köldmediums energirika fasövergångar vid olika tryck och temperatur för att avge eller ta upp energi från omgivningen enligt *termodynamikens andra lag*[11], och på så vis kan värme användas för att producera kyla och omvänt. Absorptionskyla-maskinens funktion bygger på en 4-steps funktion vars steg eller delar kan benämnas som absorbatoren, generatoren, kondensorn och förångaren [12, 13]. Vid absorptionskyla-maskinens olika delar sker följande:

1. Absorbatorn: Absorbatorn innehåller en blandning av två medium, ett primärt köldmedium och ett sekundärt transportmedium. I absorbatorn absorberas det primära köldmediet av det sekundära transport mediet för att befinna sig i en flytande lätt transporterad form, som en blandning av båda medium. Från absorbatorn pumpas blandningen, via en värmeväxlare, till generatoren.
2. Generatoren: I generatoren tillförs drivvärme, detta gör att det primära köldmediet förångas och separeras från det sekundära mediet, Det primära köldmediet går sedan vidare till kondensorn, medan det sekundära mediet via värmeväxlaren återförs till absorbatorn. Värmeväxlarens funktion är att överföra värmen från det till absorbatorn återgående transportmediet till blandningen av medium på väg till generatoren, för en bättre effektivitet.
3. Kondensorn: I kondensorn kyls det primära köldmediet så att det kondenserar, och växelverkar sedan med förångaren.
4. Förångaren: Det primära köldmediet förångas och upptar värme ifrån systemets kylkrets, Det förångade primära köldmediet går sedan till absorbatorn där det absorberas av det sekundära köldmediet och processen börjar om.

Vanliga köldmedium som används är ammoniak/vatten lösning och litiumbromid lösning, som har lite olika egenskaper beroende av vad som efterfrågas, t.ex. möjliga temperaturer vid kylkretsen etc [13].

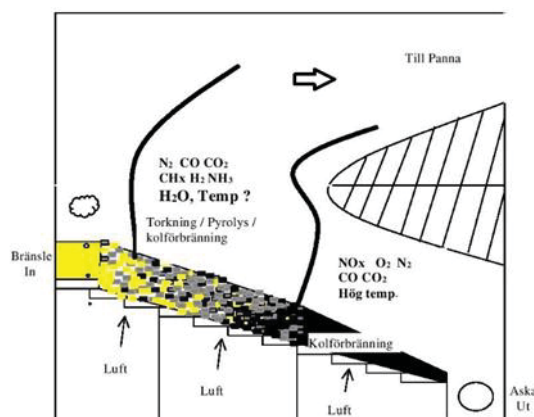


Figur 2 , Principskiss för absorptionskyla [12].

Absorptionskyla för central produktion av t.ex. komfortkyla anses som hållbart eftersom metoden använder lågvärdig värmeenergi för produktion av kyla som dessutom ofta är i form av spillvärme vid annan primärliggande energiproduktion. Alternativet innebär också att spridningen av olika köldmedier vid flera olika platser, som lokala kompressionskyla-aggregat ofta innebär, minimeras och centreras i en förhållandevis liten mängd på ett enda ställe [14].

## 2.3 Flispanna

En flispanna är en bibränsleeldad panna vars energibärare är flis, vanligen restprodukter från träindustri, så som grenar och trädtoppar, även kallat GROT, och andra mindre värdefulla trärestprodukter. Den typ av flispanna som diskuteras i rapporten är en form av kombinerad ugn och panna, s.k. integrerad panna, där förbränning av flis sker på en rörlig trapprost i anläggningens ugn. Principen för denna typ av panna är att flis transporteras via en skruv eller ett transportband till ugnens trapprost där vartannat steg består av en rörlig rost, detta tillåter flisen att transporteras genom ugnen hela vägen från flisinsmatning till askutmatning, luft strömmar från rostens undersida. Rökgaserna passerar sedan via pannan och värmer upp denna. I pannan värms tapp- och radiatorvarmvatten, medan ånga för en ångflispanna, produceras i en ångdom (tryckbehållare) belägen på ugnens topp. Systemen för hetvatten- och ångproduktion är således separerade.



Figur 3, Illustrerar förbränningsförloppet i en flis-ugn med trapprost [15].

Detta är en ganska vanlig pann-typ för bibränsleeldad värmeproduktion i effektintervallet 1-10 MW [14]. Pannan är ofta ansluten till olika värmeåtervinningssystem och rökgasfilter som t.ex. rökgasåtervinning, rökgaskondensering och elektrofilter för minimala utsläppshalter och maximal energianvändning.

Energiproduktion med hjälp av bibränsle anses idag som ett hållbart alternativ i Sverige [16]. Frågan om bibränslets hållbarhet är komplex och grundar sig till stora delar i att även skogs- och till viss del jordbruk bedrivs på ett så hållbart sätt som möjligt utan att orsaka några långvariga skador i ekosystemet, t.ex. med avseende på korrekt återplantering och spridning av kemikalier [17].

## 2.4 Fjärrvärme

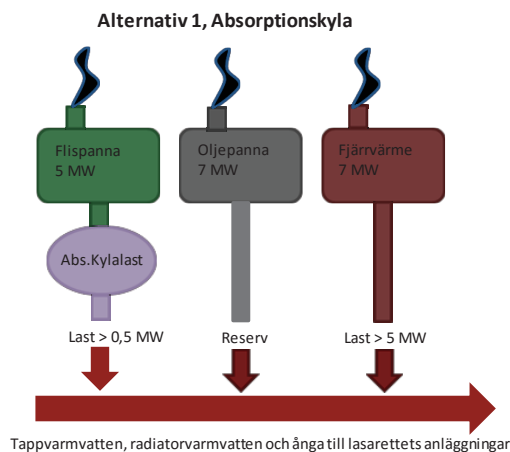
Begreppet fjärrvärme syftar i rapporten på centralt producerad värme för distribution till en eller flera mer eller mindre avlägsna brukare. Ofta används spillvärme som uppstår i samband med elkraftproduktion, s.k. kraftvärme. Kraftvärme innebär att man tar till vara på den energi som blir över vid elproduktion med kondenskraft. Fjärrvärme producerad i bibränsleeldade anläggningar

anses vara ett miljövänligt och hållbart sätt att producera värme på i Sverige, eftersom produktionen sker i stor skala med höga verkningsgrader och från förnyelsebara bränslen [18].

I denna rapport används fjärrvärme som en beskrivning på det kommunala fjärrvärmenät som finns i Karlskrona kommun och som drivs av Affärsverken. Affärsverkens primära fjärrvärmeproduktion sker vid kraftvärmeanläggningen i Bubbetorp [19]. Även sjukhusets eget värmesystem kan anses vara en sorts fjärrvärmeanläggning, men för att förhindra förvirring så avgränsar vi det till Affärsverkens fjärrvärmeproduktion och nät.

## 2.5 Lösningarnas syfte och förutsättningar

### 2.5.1 Absorptionskyla för ökat värmeunderlag



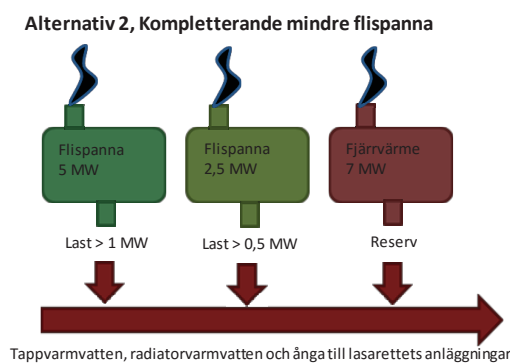
Figur 4, Principskiss för absorptionskyla för ökat värmeunderlag

Tillämpning av absorptionskyla för att höja värmeunderlaget bygger på att ersätta eldriven kompressionskyla för verksamhetskyla och/eller komfortkyla i någon eller några närbelägna byggnader, alternativt i framtida byggnader, genom att använda överskottsenergi vid värmeproduktion som annars skulle behöva kylas bort. Detta avses då ske med produktion av fjärrkyla från ett i panncentralen centralt beläget absorptionskyla-aggregat. Grundavsikten med detta är att höja pannans min-last<sup>5</sup> till en nivå där den befintliga flispannan kan eldas effektivt, och samtidigt dra nytta av en hållbar och miljövänligt producerad kyla genom att ersätta högvärdig elenergi för produktion av kyla, med lågvärdig värmeenergi. Detta innebär också en minskad användning av potentiellt miljöskadliga köldmedier och dess spridning samt potentiellt minskade utsläpp av koldioxid vid kylproduktion.

Förutsättningarna för absorptions-kyla är att det finns ett behov av verksamhets- eller komfortkyla till någon eller några närbelägna byggnader, och som har ett kylbehov motsvarande eller högre än den höjning av min-lasten som krävs. Det måste också finnas möjlighet till fysiskt utrymme för placering av aggregatet i anslutning till panncentralen.

<sup>5</sup> lägsta kontinuerliga last

## 2.5.2 Kompletterande mindre flispanna

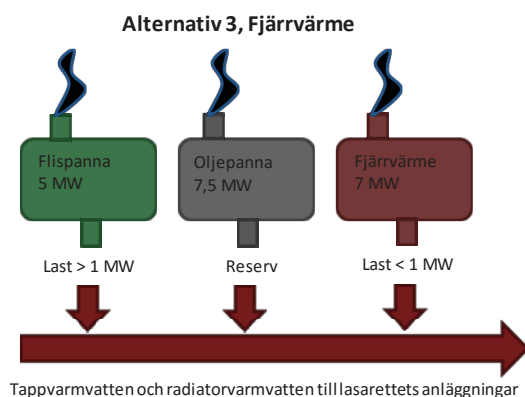


Figur 5, Principskiss för kompletterande mindre flispanna

Att investera i en mindre flispanna för låga laster skulle innebära att centrallasarettet i Karlskrona i större grad utnyttjar de resurser som redan finns i och med den befintliga flispannan. Detta med avseende på kompetens, flislagringsutrymmen och transportörer mf. Syftet är att ersätta det kombinerade behovet av fjärrvärme och drift av el-ångpannan under sommarperioden med en enda hållbar och ekonomisk lösning. Men det skulle också innebära en högre produktionskapacitet vid spetslast under årets kallare dagar, och med hjälp av en värmekälla som är billigare i drift än både fjärrvärme och olja, och klart mer hållbar än förbränning av olja. Detta skulle då handla om en flispanna vars kapacitet bör motsvara lasten under sommarperioden.

Tekniska förutsättningar för installation av en mindre flispanna är bland annat att det finns fysiskt utrymme. Det är också en förutsättning att det befintliga värmesystemet enkelt ska kunna samkopplas mot ytterligare en flispanna för att installationskostnader ska kunna hållas på en rimlig nivå.

## 2.5.3 Fjärrvärme



Figur 6, Principskiss för fjärrvärme vid upphörd ångproduktion

Primärproduktion av varmvatten med hjälp av fjärrvärme kan vara en intressant lösning ur ett ekonomiskt och miljömässigt hållbart perspektiv om produktionen av ånga skulle upphöra. Förtjänsten med ett centralt ång-system för centrallasarettet i Karlskrona har utretts i en tidigare rapport, och indikationerna blev där att ett centralt system för distribution av ånga är ganska kostsamt till följd av stora energiförluster [20]. Eftersom sjukhuset redan är anslutet till Affärsverkens fjärrvärmenät, och eftersom fjärrvärme är att betrakta som ett miljömässigt hållbart alternativ för storskalig värmeproduktion, kommer fjärrvärme att finnas med som en lösning i denna rapport vid ekonomisk och miljömässig jämförelse av tänkbara lösningar.

## 3 Metod

### 3.1 Lösningsförslag och kriterier

För att bestämma tänkbara lösningar för det aktuella problemet har i samråd med Landstinget Blekinge valts att utgå ifrån två huvudsakliga kriterier, vilket också är kriterier som går i linje med Landstinget Blekinges energimål, och med högskoleprogrammet för examenarbetets inriktning.

Dessa är

- Ekonomisk fördelaktighet
- Miljömässig hållbarhet

Utifrån kriterierna har sedan, tillsammans med sakkunniga representanter från Landstinget och BTH, valts tre stycken lösningar för vidare utvärdering. Vilka är följande

- Absorptionskyla för ökat värmeunderlag
- Kompletterande liten flispanna för låga laster
- Samspel med fjärrvärmenätet

Det är således dessa lösningsförslag som kommer att utredas i denna rapport, där lösningarna vägs lika mot gemensamma kriterier och nyckeltal.

### 3.2 Nyckeltal

De nyckeltal som lösningarna kommer att vägas mot är framtagna från kriterierna för en hållbar och ekonomisk värmeproduktion, och har tagits fram i samarbete med Landstinget Blekinge och BTH. Nyckeltalen är

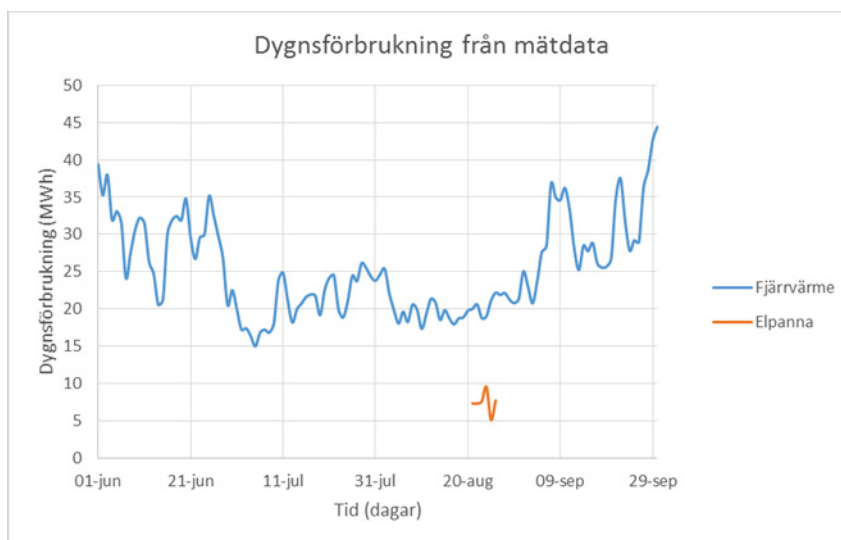
- Kg CO<sub>2</sub>/MWh (Med avseende på aktivt utsläpp)
- Kr/MWh (för bränsle, service, underhåll och investeringskostnad)\*

\*Nyckeltalet kr/MWh anges för aktuell avskrivningstid.

### 3.3 Befintligt värmeunderlag

Utredning av det befintliga värmeunderlaget är viktigt för att kunna dimensionera och utföra tekniska beräkningar vid teoretiskt tillämpande av de lösningar som utreds i rapporten.

Detta underlag har tagits fram med hjälp av mätdata från Affärsverken beträffande sjukhusets dygnsförbrukning av fjärrvärmeenergi under perioden 1:a juni till 30:e september 2015 (*se bilaga 1*), tillsammans med mätdata om energianvändning från sjukhusets elpanna, vilken härstammar från en tidigare undersökning av sjukhusets ångproduktion, och gäller dygnsförbrukningen under sex dagar i augusti 2015 [21].



Figur 7, Visar dygnsförbrukning från fjärrvärme och elpanna, sammanställd från mätdata 2015.

Underlaget generaliserar sjukhusets energianvändning för sommarperioden utifrån mätdata som endast innefattar året 2015, i brist på mer tidsomfattande mätdata. Vid undersökningen av befintligt värmeunderlag har även överskådligt undersökts hur sambandet under mätperioden mellan utetemperatur och energianvändning från fjärrvärme ser ut. Detta samband ger en indikation på hur energianvändningen kan tänkas variera med utemperaturen och lämnar utrymme för normalårskorrigerings, se fig.9 i resultat.

Till respektive underlag om energianvändning har hänsyn tagits till fjärrvärmväxlaren och elpannas uppskattade verkningsgrader. Verkningsgraderna för elpannan och fjärrvärmväxlaren är viktiga i sammanhanget för att bedöma sjukhusets nettobehov av energi över en viss period. Detta eftersom det är nettoförbrukningen som aktuella lösningar bör dimensioneras mot. I båda fall har verkningsgraden bestämts till 95 % vilket är en rimlig verkningsgrad för elpannan. I fjärrvärmväxlarens fall är verkningsgraden en grov uppskattning eftersom verkningsgraden för den typ av plattvärmväxlare som finns installerad i sjukhusets panncentral, varierar kraftigt beroende av försmutsningsgrad, isolering och styrventilens funktion [22]. För en rättvisare uppskattning av en aktuell verkningsgrad på fjärrvärmväxlaren skulle mätningar av sekundärsidans tillopp- respektive returtemperatur behövas, i jämförelse med motsvarande temperaturer på primärsidan, men någon sådan mätning har alltså inte gjorts.

Energianvändningsunderlaget har analyserats separat och sammanslaget med avseende på energi och effekt (se bilaga 2).

För att uppskatta sjukhusets min-, medel- och spetslast under den aktuella perioden har effektvärden beräknats, och en effektkurva har tagits fram för elpannas och fjärrvärmens sammanslagna last, med hjälp av erhållna mätdata för värmeunderlag och aktuella formler.

Värmeunderlaget har fastställts för det som i rapporten kallas sommarperioden, vilket efter flispannans förutsättningar med avseende på sambandet mellan last och utetemperatur, har korrigerats (2012-2015) till perioden halva maj till sista september. Perioden har bestämts genom information från panncentralens liggare [5] för värmeproduktionen i panncentralens avlästa dygns värden. Ur liggaren har kunnat utläsas när flispannan har tagits ur respektive satts i drift under vår och höst. Vidare har en ungefärlig tröskelmedeltemperatur kunnat tydas vid vilken flispannan har tagits ur- respektive satts i drift. Det är denna tröskeltemperatur tillsammans med datum i liggaren som ligger till grund för den avgränsande sommarperioden. Genomsnittliga årstemperaturer har sammanställts

för perioden 2012 till 2015, och mätdata har hämtats ifrån SMHI [23], där temperaturmätvärden gäller loggade dygnsvärden vid väderstationen Söderstjerna i Karlskrona.

Den totala energianvändningen för sommarperioden 15 maj till 30 september har tagits fram genom att belasta antalet dagar som perioden innefattar, med den dygnsmedelförbrukning som har räknats fram för respektive mätdataperiod. För vissa delar av perioden, och då främst gällande elpannan, är dygnsmedelförbrukningen således en uppskattning utifrån medelvärden framtagna ur faktisk mätdata för respektive producent. För fjärrvärmens gäller uppskattad energianvändning perioden 15 maj till 1 juni. Och för elpannan gäller uppskattningen för i stort sätt hela perioden utom de sex dagar i augusti som mätperioden innefattar. Den omfattande uppskattningen av elpannans energianvändning accepteras eftersom ånga nästan enbart används för tekniska verksamhetsändamål, och att variation av elpannans produktion därför kan tänkas vara liten från en vecka till en annan, förutsatt att berörda verksamheter drivs på ett ungefär liknande sätt från vecka till vecka.

Ur mätdata från Affärsverken och från elpannans uppmätta förbrukning har endast hela dygnsförbrukningar kunnat avläsas. Detta resulterar i att uträknade effekter och laster blir ett dygnsmedel, och tar således inte hänsyn till själva dygnets variationer. Det kan därför tänkas att någon form av dygnsutjämning eventuellt kan vara nödvändig beroende av hur stora variationerna är och på pannans värmetröghet.

### **3.4 Absorptionskyla för ökat värmeunderlag**

Produktteknisk information om absorptionskyla-aggregat har hämtats ur datablad från *Carrier* [24]. Informationen gäller absorptionskyla-aggregat runt 0,5 MW's kyleffekt. Teoretiska driftfall har tillhandahållits av Carrier för kylmaskinerna 16LJ-14 och 16LJ-21 (se bilaga 3 och 4). Ur driftfallen kan bl.a. temperaturer, tryck, flöden, samt tryckfall för drivvärme, kylkretsen och värmesänkan utläsas, samt information om nominell kyleffekt och COP-värde<sup>9</sup>. Även maskinernas fysiska mått specificeras i de teoretiska driftfallstudierna.

#### **3.4.1 Lägsta last för kontinuerlig drift av flispannan**

En kontinuerlig drift av flispannan begränsas som sagt av lägsta möjliga effektuttag från flispannan. Flispannans driftintervall ligger enligt Landstingets panntechniker *Christer Nilsson* [5] i spannet 1-5 MW. D.v.s. det lägsta effektuttaget som under en kortare tid kan accepteras, för att drift av flispannan ska vara möjlig, ligger vid ca 1 MW. Detta påstående stöts i en rapport från *Energikontor Sydost* [15] som påpekar svårigheterna med att erhålla en god förbränning vid låga laster för flispannor med trapprost, och där låga laster räknas som laster < 25 % av pannans märkeffekt.

För att bestämma absorptionskyla-aggregatets lägsta önskade effektuttag från flispannan, sattes effektuttaget i relation till den höjning av min-lasten som är nödvändig för drift av flispannan under sommarperioden.

Önskad höjning av effektuttaget utgår ifrån den lägsta last som har beräknats vid undersökningen av det befintliga värmeunderlaget. Den önskade lägsta lasten har valts till ca 1,25 MW, vilket motsvarar 25 % av pannans märkeffekt, och då bör ge en liten marginal ner till 1MW vilket enligt *Christer Nilsson* [5] är det uppskattade lägsta möjliga effektuttag från den befintliga flispannan.



### 3.4.2 Kylbehov i byggnad 39

Kylbehovet i byggnad 39 har utretts därför att detta är en byggnad med ett omfattande kylbehov, och med ett luftkonditioneringssystem som är relativt enkelt att räkna på och att docka till.

Uppgifter om installerade kompressionskyla-aggregat i byggnad 39 ha utretts i samråd med Landstinget Blekinges kyltekniker *Bengt Lindberg* [25], och innefattar uppgifter om antal aggregat, dess kyleffekter och COP-faktorer<sup>6</sup>.

Det kylbehov som utreds i byggnad 39 benämns som verksamhetskyla, och fyller först och främst en luftavfuktande funktion.

På inrådan av *Anders Tovesson* har en utredning gjorts gällande det faktiska kylbehovet. Denna har utförts genom att bestämma luftflödet genom luftkonditioneringens kylbatteri i relation till en aktuell, och enligt *Anders Tovesson*, fixt temperatursänkning av tilluften till ca 14-16°C [26]. Sedan har den korrigerade uteluftstemperaturen använts för perioden 2012 till 2015 översatt i kylgradtimmar för sommarperioden, för att genomföra energiberäkningar med temperatursänkningen i relation till luftflödet genom ventilationssystemet [35]. Vid energiberäkningar har inte hänsyn tagits till ombildningsentalpin när luften passerar daggpunkten, detta kan utläsas ur ett *Mollierdiagram* för fuktig luft och visar att energiåtgången ökar avsevärt när den kylda luften passerar daggpunkten.

Uppgifter om luftkonditioneringssystemet har införskaffats genom ritningar och OVK protokoll<sup>7</sup> som har tillhandahållits av *Ann-Helen Svensson* [1], och i samråd med Landstinget Blekinges ventilationstekniker *Magnus Petersson* [27] och kyltekniker *Bengt Lindberg* [25].

Det bör nämnas att för eventuell dygnsutjämning av kyl lasten kan det vara aktuellt med någon form av kylvattenackumulering, detta har dock inte utretts i denna rapport. Ett alternativ till dygnsutjämning för kallare perioder och för perioder med stor variation av utetemperaturen, är att upprätthålla en lägsta last genom att kyla värmesystemets returtemperatur och värmesänkan.

### 3.4.3 Förutsättningar för värmesänkan

Värmesänkan kallas det delsystem i absorptionskyla systemet som står för kylning av processerna i absorbatoren och kondensorn. Värmesänkans funktion är avgörande för en väl fungerande absorptionskylmaskin eftersom denna måste upprätthålla energibalansen i systemet vid en viss önskad kyleffekt genom bortförandet av överskottsenergi [28]. Denna kyl-krets består vanligtvis av en vatten-krets, slutet eller öppet, där inloppstemperaturen önskas hållas mellan 20-32°C beroende av kyleffekt, och vattenflöde. Detta uppnås normalt på ett av tre sätt, vilka är följande

1. Torra fläktkylda växlare (kyltorn)
2. Blöta fläktkylda växlare (kyltorn)
3. Vattendragsskylning

Vid utredning av förutsättningar för värmesänkan har primärt tillämpningen av kyltorn undersökts. När det kommer till vattendragsskylning så har detta endast belysts överskådligt för att ge en bild av vilka möjliga kylvattenreservoarer som finns i området. Utredningen av möjlighet till vattendragsskylning omfattar en översikt av tillgången till grundvatten och havsvatten.

---

<sup>6</sup> Coefficient Of Performance, värmefaktor för värmepumpar (verkningsgrad)

<sup>7</sup> Obligatorisk ventilationskontroll

Mängden värmeenergi som måste kylas bort har beräknats genom information om aggregatets totala energiomsättning, d.v.s. enligt *termodynamikens lagar* [11] så måste mängden tillförd energi motsvara mängden bortförd energi i ett slutet system som befinner sig i jämvikt.

Information om fläktkylda evaporativa kyltorn har erhållits från *C.A.-Mörck* [29], som utifrån aktuellt absorptionskyla-aggregat 16LJ-21 har föreslagit ett kyltorn av modell MITA PME 2853 E, och som ska klara värmesänkans kylbehov. Kyltornet har en märkeffekt på 11 kW och är ett kyltorn i korrosionsbeständigt plastutförande, förutom basen som består av galvaniserat stål. Kyltornet har luftintag från fyra sidor för maximal kyleffekt och en sugande direkt driven fläkt för minimala energiförluster. Utifrån kyltornets märkeffekt har en förväntad maximal elenergianvändning till kyltornet beräknats.

### 3.4.4 Utrymme för aggregatet

En annan förutsättning för tillämpning av absorptionskyla är att det finns fysiskt utrymme för placering av aggregatet, gärna i nära anslutning till panncentralen. Detta har utretts genom att kartlägga den befintliga yt-användningen i panncentralens lokaler, och jämförelse har gjorts mot aktuella aggregats byggmått. Det har framgått att det finns potentiella utrymmen för placering av ett absorptionskyla-aggregat, bland annat på en yta som idag används av ett slangfilter, och som sedan länge har tagits ur drift.

### 3.4.5 Dimensionering av aggregatet

Underlag för dimensionering av absorptionskyla aggregat har hämtats ifrån *Carrier* [24], tillsammans med underlag för kylbehovet i byggnad 39 och värmeunderlaget. Information från Carrier rör aggregaten 16LJ-14 och 16LJ-21. Underlag för dimensioneringen innefattar

- Kylkapacitet
- COP-värde
- Fysiska mått
- Drivtemperatur och driveffekter
- Temperaturer på värmesänkan
- Kylmedium

Aggregatets märkeffekt har bestämts utifrån kylbehovet i byggnad 39, och från önskat värmeunderlag. Absorptionskyla-aggregatet har sedan dimensionerats efter den beräknade kyl-lasten tillsammans med önskad höjning av min-lasten på flispannan. Hänsyn har tagits till aggregatets COP – faktor, eftersom aggregatens effekt anges i kyleffekt från tillverkaren. Lastkurvor har upprättats för olika kyl-laster för att utifrån detta kunna utläsa vilket effektspannet kan väntas bli med absorptionskyla. Det intressanta i sammamhanget är egentligen vilken min-last vi får, eftersom konceptet bygger på att denna inte får understiga 1 MW.

### 3.4.6 Installation

Installationens omfattning har endast utretts övergripigt, och omfattar det som inte ingår i budgetunderlag från leverantörer. Utredningen har gjorts med syftet att lättare kunna uppskatta diverse installationskostnader. Absorptionskyla-aggregatets övriga installationer omfattar

- Rördragning för drivvärme från värmesystemets primärkrets och ev. pumpar
- Rördragning för värmesänkans kylkrets (Till kyltorn)
- Rördragning för kylkretsen och eventuella pumpar (till byggnad 39)
- Elanslutning av absorptionskyla-aggregat och kyltornsfläktar
- Eventuell anslutning för kylning av värmesystemets returvatten.
- Anslutning till byggnad 39

För rördragning har aktuella rördimensioner, material och sträckor undersökts översiktligt.

## 3.5 Kompletterande mindre flispanna

### 3.5.1 Flispannans märkeffekt

Flispannans märkeffekt har bestäms utifrån det aktuella lastspannet under sommarperioden, vilket härstammar från utredningen av det befintliga värmeunderlaget. Det är önskvärt att en kompletterande mindre flispanna ska klara hela det lastspann som finns under perioden 15 maj till 30 september. Lastspannet har bestämts från den effektkurva som har tagits fram med hjälp av befintligt värmeunderlag, och som illustrerar den sammanslagna effektvariationen från fjärrvärme och elpanna under sommarperioden (se fig.10 i resultat). Flispannans arbetsområde har bestämts till 25-100 % av flispannans märkeffekt. Information om en flispanna av passande storlek har erhållits från *Jernforsen AB* [30]. Informationen innefattar specifikationer för en 2,5 MW flispanna med tillhörande komponenter. *Jernforsen* garanterar driftspannet 25-100 % av pannans märkeffekt.

### 3.5.2 Övriga förutsättningar för flispannan

Eventuellt utrymme för en mindre flispanna har utretts, och resonemanget har kretsat runt att demontera den mindre oljepannan på 4 MW, eftersom denna skulle bli överflödigt vid installation av en flispanna. Detta skulle i så fall innebära minimala sträckor för rördragning och övriga anslutningar eftersom mycket redan finns framdraget.

### 3.5.3 Installation

I *Jernforsen AB*'s budgetförslag ingår i stort sätt samtliga nödvändiga installationer, någon vidare utredning av övriga installationer har därför inte gjorts.

## 3.6 Fjärrvärme

Samspel med fjärrvärme innefattar information om sjukhusets uppskattade energianvändning utan ångproduktion, hämtat från utredningen av det befintliga värmeunderlaget. För vidare information om utredningen kring ångsystemets lönsamhet hänvisas till rapporterna "*Energideklaration- centrala ångsystemet*" [21] och "*Energiförluster- fortsatt utredning av det centrala ångsystemet*" [20].

## 3.7 Ekonomisk analys

Den ekonomiska analysen av de olika lösningarna berör investeringskostnader, drift- och underhållskostnader, bränslekostnader och uppskattade installationskostnader per lösning eller producent. Landstinget i Blekinges avskrivningstid för värmeanläggningar är enligt Landstingets dokument, ”föreslagna riktvärden för avskrivningstider” [31], 30 år, och kalkylräntan på investeringar är år 2016 av SKL (statens kommuner och landsting) satt till 2,4 % [32].

I den ekonomiska analysen har avbetalningstid samt kostnad per MWh beräknats för lösningar och producenter (för beräkningar se bilaga 7). I kostnad per MWh inkluderas de kostnader och eventuella intäkter som kan belasta den enskilda energiproducenten eller lösningen. Alla kostnader är utslagna årskostnader per producerad MWh. Till kostnaderna och intäkter har inkluderats

- Energibärarkostnader
- Avskrivningskostnader för investering
- Kostnad för eventuell ökad last
- Tillkommande drift och underhållskostnader
- Eventuella energiintäkter

Avbetalningstiden har beräknats med den ekonomiska livslängden 30 år, d.v.s. samma som avskrivningstiden. Gällande kalkylräntan är 2,4 %.

Den ekonomiska analysen innefattar inte kostnader för demontering av befintlig utrustning för platsberedning och dylikt.

### 3.7.1 Absorptionskyla

Den ekonomiska analysen för absorptionskyla-aggregatet grundar sig på ett budgetpris från *Carrier AB* för absorptionskyla aggregatet 16LJ-21, lämnat av Carriers försäljare i Malmö [24]. I budgetförslaget inkluderas leverans och injustering av aggregatet till ett pris av 1,475 miljoner kr. *Stefan Orwén* [24] uppskattar kostnader för drivvärmens och värmesänkans röranslutningar, utifrån referensobjekt, till ca 1 till 2 miljoner kronor. Uppgifter om kostnad för kyltorn har erhållits från *C.A.-Mörck* [29]. C.A.-Mörck har utifrån information om aktuell absorptionskylmaskin tagit fram ett budgetpris på ett kyltorn av modell MITA PME 2853 E. Budgetpriset för ett sådant kyltorn är ca 17500 EUR. Framdragning av plaströr till byggnad 39 för kylkretsen estimeras till 2 miljoner kronor och baseras på en relativt enkel rördragning av isolerade plaströr av typ Uponor profuse dn150 eller liknande i stora framkomliga kulvertar, och på den relativa enkelheten att ansluta till kylvattenkretsen i byggnad 39 som består av en enda sluten kylvattenkrets. Övriga kostnader uppskattas till ca 500-tusen kronor.

### 3.7.2 Kompletterande mindre flispanna

Den ekonomiska analysen för flispannan baseras på ett budgetförslag från *Jernforsen AB* [30], samt på drift och underhållskostnader hämtat från Landstingets underlag för panncentralens kostnader (se bilaga 5) och från underhållschef *Darek Olsson* [6].

Kostnadsförslaget för flispannan är ett budgetförslag lämnat av Jernforsen säljare *Magnus Holmgren* [30]. Kostnadsförslaget inkluderar leverans och installation av en 2,5 MW panna. Budgetpriset är på 16,47 miljoner kr.

Enligt underhållschef *Darek Olsson* [6], uppskattas drift och underhållskostnader tillkomma med ca 150 000 kr/år för en kompletterande flispanna. Panncentralens kostnader för service och övrigt, är enligt ett underlag för panncentralens kostnader (*se bilaga 5*), tillhandahållet av Landstinget controller *Marta Nilsson* [32], 400-tusen kr per 2014/2015. Drift och underhållskostnader som belastas den kompletterande flispannan är uppskattade tillkommande kostnader enbart för drift och underhåll av denna under sommarperioden. Kostnaden för drift och underhåll har bestämts genom att sätta sommarperiodens antal dagar i relation till hela årets antal dagar, och sedan belasta flispannan med en kostnad relaterat till detta.

### **3.7.3 Fjärrvärme**

För fjärrvärmens består den ekonomiska analysen av en specificering av det gällande fjärrvärmeavtalet i kostnad per MWh för sommarperioden. Detta avtal har tillhandahållits av affärsområdeschef *Håkan Frej* [2](*bilaga 6*). Fjärrvärmepriset utgörs av en fast kostnad per MWh som enligt gällande avtal är 388 kr/MWh för perioden juni t.o.m. september. 1:e september t.o.m. 30:e september tillkommer en flödestaxa på 3,25 kr per m<sup>3</sup>. För perioden 15-31 maj är kostnaden per MWh 605 kr, och utöver det tillkommer för denna period också flödestaxa. I den ekonomiska analysen har kostnad per MWh beräknats utifrån ett medel av aktuella avgifter för motsvarande förbrukningen från mätdataperioden 2015.

### **3.7.4 Befintlig flispanna**

Den ekonomiska analysen för den befintliga flispannan berör bränslekostnad, drift- och underhållskostnader och eventuella avskrivningskostnader som kan belastas flispannan.

Kostnader för avskrivning och drift har hämtats från underlaget för panncentralens kostnader. Bränslekostnad och underhållskostnader har tillhandahållits av underhållschef *Darek Olsson* [6]. Avskrivningskostnader och driftkostnader har tillhandahållits av Landstinget Blekinges controller *Marta Nilsson* [32](*se bilaga 5*).

### **3.7.5 Elpanna**

Den ekonomiska analysen av elpannan innefattar endast kostnad per MWh i relation till gällande elpris. Gällande elpris är enligt Landstinget Blekinges avtal ca 90 öre/kWh nätavgifter medräknat [6]. Elpriset är rörligt och kan därför variera något. Elpannan har inte belastats med några drift och underhållskostnader eftersom dessa i sammanhanget anses små.

## **3.8 Jämförelse av lösningarna mot nyckeltalen**

Alla föreslagna lösningar har jämförts med avseende på framtagna nyckeltal för respektive lösning. Förutom att lösningarnas nyckeltal jämförs med varandra, så har de även jämförts mot de lösningar som förekommer idag och dess aktuella nyckeltal.

Nyckeltalen kr/MWh och kg CO<sub>2</sub>/MWh har jämförts för

- Absorptionskyla
- Kompletterande mindre flispanna
- Fjärrvärme
- Fjärrvärme + elpanna

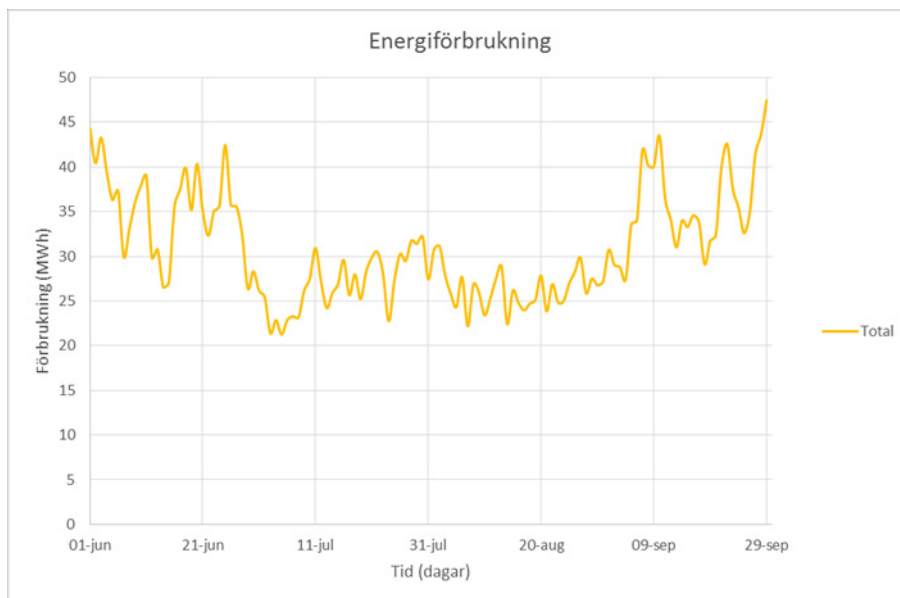
- Elpanna
- Flispanna 5 MW
- Oljepanna

Nyckeltal för kg CO<sub>2</sub> per MWh har hämtats från *Biomass Energy Center*'s hemsida och från *Svensk energi* för respektive producent [33, 34]. För absorptionskyla så har även hänsyn tagits till minskade emissioner av koldioxid när eldriven kompressionskyla ersätts med värmedriven absorptionskyla.

## 4 Resultat

### 4.1 Befintligt värmeunderlag

Det befintliga värmeunderlaget grundar sig på mätdata från Affärsverken (*se bilaga 1*) samt från loggad förbrukning för elpannan [21] i sjukhusets panncentral gällande sjukhusets dygnsförbrukning av energi till tapp- och radiatorvarmvatten samt ånga (se fig.8).



Figur 8, Visar sjukhusets totala nettoförbrukning av energi per dygn 2015.

#### 4.1.1 Energianvändning

Den genomsnittliga dygnsförbrukningen av värmeenergi från fjärrvärme beräknades enligt

$$Q_{fvmedel} = \frac{Q_{fv\text{tot}}}{t_1}$$

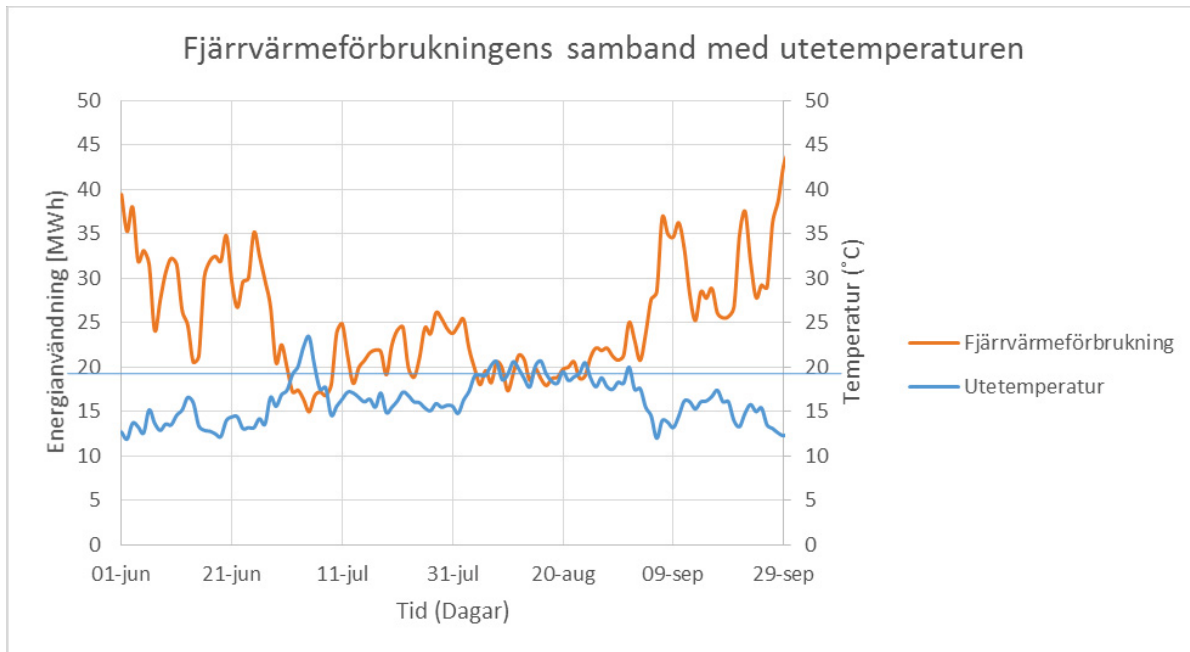
|  |
|--|
| $Q_{fvmedel}$ = Genomsnittlig energianvändning från fjärrvärme<br>$Q_{fv\text{tot}}$ = Total energianvändning för mätperioden från fjärrvärme<br>$T_1$ = Antal dagar i mätperioden |
|--|

Ekv1.

Genomsnittlig energianvändning från fjärrvärme beräknades till **25 MWh/dygn**.

Från mätdata (*se bilaga 1*) kan utläsas att högsta förbrukning under perioden 1:e juni till 30:e september var ca **44 MWh/dygn** vid något enstaka tillfälle. Lägsta dygnsförbrukning uppgick till ca **15 MWh/dygn**.

Resultatet av den översiktliga studien för hur energianvändningen från fjärrvärme påverkas av utetemperaturen illustreras i fig.9 nedan



Figur 9, visar fjärrvärmeförbrukningens samband med utetemperatur 2015.

Det visar på ett ganska tydligt samband över i stort sätt hela perioden utom i augusti när medeltemperaturen var som högst, tröskeltemperaturen ligger till synes kring 18°C.

Den genomsnittliga energianvändningen för elpannan beräknades enligt

$$Q_{epmedel} = \frac{Q_{eptot}}{t_2}$$

$Q_{epmedel}$  = Genomsnittlig energianvändning från elpannan  
 $Q_{eptot}$  = Total energianvändning för mätperioden från elpannan  
 $T_2$  = Antal dagar i mätperioden

Ekv.2

Elpannans genomsnittliga dygnsförbrukning beräknades till ca **7,40 MWh** för produktion av ånga. Från mätdata [21] kan utläsas att högsta dygnsförbrukning var ca **9,50 MWh**, och lägsta förbrukning för elpannan låg på ca **5,10 MWh/dygn**.

Den totala bruttoenergianvändningen över perioden 15 maj till 30 september har uppskattats enligt

$$Q_{tot} = (Q_{fvmedel} + Q_{epmedel}) \times N$$

$Q_{tot}$  = Total energianvändning sommarperioden 2015  
 $N$  = Antal dagar sommarperioden

Ekv.3

Periodens totala energianvändning från fjärrvärme och elpanna sammanslaget beräknades till ca **4507 MWh**.

För all energianvändning har hänsyn sedan tagits till fjärrvärmeväxlaren och elpannans verkningsgrader som fastställts till 95 %. För aktuell energianvändning gäller således att

$$Q' = Q \times \varepsilon$$

$Q'$  = Nettoenergi  
 $\varepsilon$  = Verkningsgrad

Ekv.4



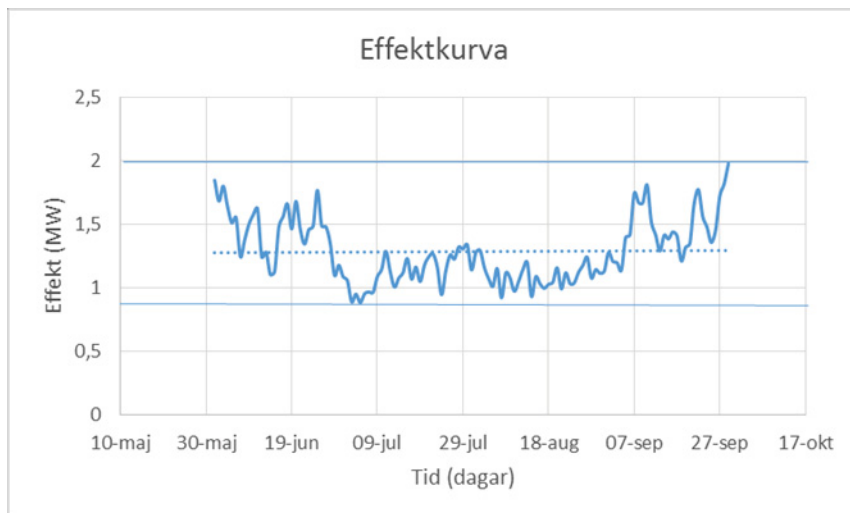
## 4.1.2 Effektområde

För att uppskatta periodens min-, medel-, och spetslast beräknades lasteffekter enligt

$$P = \frac{d(Q'_{fv} + Q'_{ep})}{dt}$$

P= Last

Ekv.5



Figur 10, visar lastens dygnsvariation från fjärrvärme och elpanna för mätperiod.

Fjärrvärmens medeleffekt beräknades till 1,04 MW. Lägsta förbrukning från fjärrvärme med en dygnsförbrukning på 15 MWh beräknades till en min-last på 0,625 MW. Och högsta förbrukningsfallet på 44 MWh/dygn beräknades till spetslasten 1,67 MW. Borträknat värmeväxlarens uppskattade förluster till omgivningen, med verkningsgraden 95 %, så beräknades fjärrvärmens nettolast till min-lasten **0,59 MW**, spetslasten<sup>5</sup> **1,58 MW** och medellasten **1 MW**.

Elpannans medel-last<sup>8</sup> beräknades för en lägsta förbrukning på 5,10 MWh/dygn till en min-last på 0,2125 MW. Medellasten beräknades till 0,31 MW och spetslasten till 0,39 MW. Borträknat elpannans värmeförluster, med en verkningsgrad på 95 %, så blir elpannas min-lastuttag ca **0,2 MW**. Spetslasten motsvarar **0,38 MW** och medellasten blir **0,29 MW**.

Sammanlagt fjärrvärme och elpanna blir då lasten enligt

$$P_x = P_{fvx} + P_{epx}$$

$P_x$  = Sammanlaggen min-, medel- eller spetslast

$P_{fvx}$  = Last, fjärrvärme

$P_{epx}$  = Last, elpanna

Ekv.6

Den sammanslagna min-lasten beräknades till **0,79 MW** för perioden 1:a juni till 30:e september.

<sup>8</sup> Genomsnittlig last

## 4.2 Absorptionskyla för ökat värmeunderlag

### 4.2.1 Baslast för en kontinuerlig drift av flispannan

Den önskade min-lasten fastställdes till 1,25 MW eller 25 % av flispannans märkeffekt. Detta medför att min-lasten måste höjas enligt

$$P_{\dot{o}} = 1,25 - P_{l\dot{a}g}$$

|  |
|--|
| $P_{\dot{o}}$ = Önskad min-last höjning<br>$P_{l\dot{a}g}$ = Befintlig min-last <sup>3</sup> |
|--|

Ekv.7

Önskad höjning av min-lasten beräknades enligt ekv.7 till **0,46 MW**. Önskad tillförd effekt till absorptionskyla-aggregatet blir direkt motsvarande pannas min-lasthöjning. Med ett COP-värde på 0,70 motsvarar detta en kyleffekt på **0,32 MW**. Den absolut lägsta lasten för att drift av flispannan ska vara möjlig är 1 MW, detta ger om 1,25 MW byts mot 1 MW i ekv.7 att absolut lägsta höjningen av min-lasten som kan bli aktuell är **0,21 MW**.

### 4.2.2 Kylbehov i byggnad 39

Luftkonditioneringssystemet i byggnad 39 omfattar all tilluft till byggnaden och således är behovet av kyla stort. Kylbehovet i byggnad 39 har beräknats som ett exempel på en av flera byggnader som skulle kunna försörjas med absorptionskyla.

Kylbehovet har tagits fram genom att beräkna byggnadens tillförda kylenergi under perioden enligt

$$Q_{kyla} = N_{grad} \times c_{luft} \times q_{vent} \times \rho_{luft}$$

|   |
|---|
| $Q_{kyla}$ = Kylenergi<br>$N_{grad}$ = Gradtimmar<br>$c_{luft}$ = Luftens specifika värmekapacitet<br>$q_{vent}$ = Luftflöde genom kylbatteri<br>$\rho_{luft}$ = Luftens densitet |
|---|

Ekv.8

Antalet kylgradtimmar har tagits fram med hjälp av temperaturdata från SMHI's väderstation vid Söderstjerna [23] och beräknats enligt

$$N_{grad} = \int_{t_1}^{t_2} (T_{kylstart}(t) - T_{tr\ddot{o}skel}(t)) dt$$

|   |
|---|
| $T_{kylstart}$ = Kylstartstemperatur<br>$T_{tr\ddot{o}skel}$ =Tröskeltemperatur<br>$t$ = Mätperiod i timmar |
|---|

Ekv.9

Antalet kylgradtimmar för perioden beräknades till **5070** som ett medelvärde för perioden 2012 till 2015 (6513 h för 2014).

Energibehovet för kyla i byggnad 39 beräknades enligt ekv.8 till mellan **834,8** och **278,3 MWh** för perioden.

### 4.2.3 Förutsättningar för värmesänkan

Den mängd värmeenergi som måste kylas bort följer enligt

$$Q_E + Q_G = Q_A + Q_C$$

|  |
|--|
| $Q_E$ = Kylenergi<br>$Q_G$ = Drivvärmeenergi<br>$Q_A = Q_C$ = Värmesänkans kylenergi |
|--|

Ekv.10

Resultatet av detta blir att värmesänkans effekt då måste motsvaras av

$$P_E + P_G = P_A + P_C$$

|  |
|--|
| $P_E$ = Kyleffekt<br>$P_G$ = Drivvärmens effekt<br>$P_A = P_C$ = Effekt på värmesänkan |
|--|

Ekv.11

Givet sambandet blir då spannet för värmesänkans effekt

$$P_A + P_C = (P_{\ddot{o}} + P_{extra}) \times COP + P_{\ddot{o}} + P_{extra}$$

|   |
|---|
| $P_{extra}$ = Last över önskad<br>min-last <sup>3</sup> höjning |
|---|

Ekv.12

Ovanstående ekvationer ger att värmesänkans kyleffekt måste ligga i spannet **0,5-1,2 MW**.

Enligt Ca-mörck ska kyltornet PME 2853 E med 11 kW's märkeffekt, klara detta kylspann dimensionerat efter absorptionskyla-aggregatet 16LJ-21.

Vid undersökning av vattendragskylning konstateras endast att närmsta vattendrag i form av havet, ligger ca 400 meter från panncentralen. Framdragning av eventuell vattendragskylning med anslutning till havet försvåras avsevärt av att infartsleden till Karlskrona stad korsar sträckan. Gällande kylning med hjälp av grundvatten så anses detta bli en för stor kostnad. Ingen vidare utredning har gjorts gällande alternativet vattendragskylning.

### 4.2.4 Dimensionering

Utifrån den beräknade energimängden för kyla till byggnad 39 under ett normalår, så kan motsvarande energimängd från flispannan till absorptionskyla-aggregatet beräknas genom

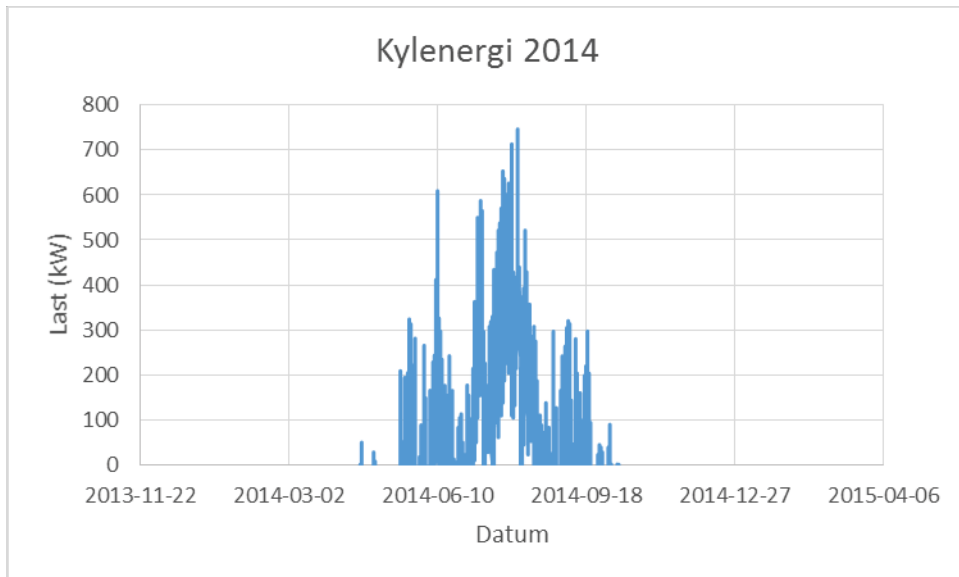
$$Q_{abs} = \frac{Q_{kyla}}{COP}$$

|   |
|---|
| $Q_{abs}$ = Värmemängd till<br>absorptionskyla-aggregatet<br>$Q_{kyla}$ = Kylenergi |
|---|

Ekv.13

Med det från tillverkaren angivna COP-värdet på ca 0,70 där vi betraktar detta som lika för alla laster, blir då energianvändningen från flispannan till absorptionskyla-aggregatet **396,6 MWh**.

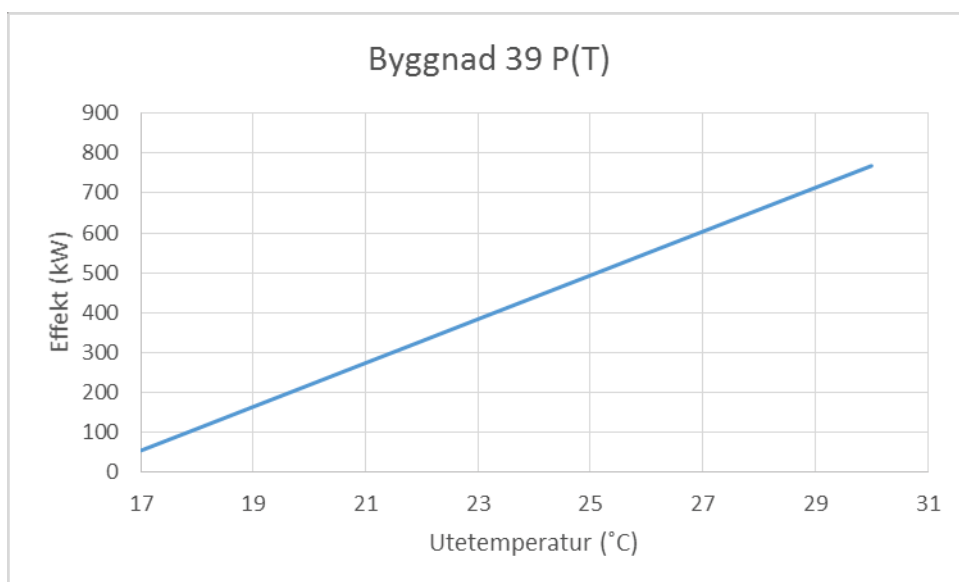
Ett exempel på hur lasten kan variera med utetemperaturen kan ses i fig.12



Figur 11, visar hur kyllastens variation har beräknats för året 2014 utifrån uteluftstemperatur vid en sänkning till 16°C.

Med kyltorn som värmesänka uppnås en väl fungerande kylning upp till utetemperaturer kring ungefär 25°C. Det är därför rimligt att om kyltorn används för värmesänkan så bör absorptionskyla-aggregatets märkeffekt dimensioneras efter den kyl last som detta motsvarar.

I fig.12 nedan illustreras hur kyl lasten beräknats varierar med utetemperaturen utan hänsyn till daggpunktens entalpiändring.



Figur 12, visar beräknad last vid olika uteluftstermperaturer och vid en sänkning av lufttemperaturen till 16°C

Med detta som underlag bör aggregatet dimensioneras till en märkeffekt på ungefär 500 kW, men lite beroende av vilka intentioner som finns till att öka kyl lasten i framtiden och med hänsyn till daggpunkter kan det tänkas att man vill överdimensionera aggregatet lite. Som kan skådas i fig.12 så

varierade lasten år 2014 ganska kraftigt. Den genomsnittliga energianvändningen för aggregatet med en COP-faktor 0,70 beräknades till 1192,6-396,6 MWh. Den önskade höjningen av min-lasten blev 0,46 MW vilket för sommarperioden motsvarar 1510 MWh. Den absolut lägsta tillåtna kontinuerliga lasten är 1 MW vilket gör att den lägsta ökning av min-lasten som kan vara aktuell är 0,21 MW, vilket motsvarar 682,3 MWh.

För att jämna ut lasten kan det vara nödvändigt att t.ex kyla värmesystemets returkrets eller annan tillämpning för att upprätthålla en konstant min-last.

## 4.3 Kompletterande mindre flispanna

### 4.3.1 Flispannans märkeffekt

Från utredningen av befintligt värmeunderlag kan utläsas att lasten år 2015 varierade i spannet 0,79-2 MW (se fig.7). En lämplig märkeffekt på flispannan kan därför vara runt 2,5 MW, och där flispannan då förväntas kunna eldas inom området 0,63 till 2,5 MW för en 2,5 MW's panna, vilket motsvarar 25-100 % av märkeffekten.

## 4.4 Ekonomisk analys

I den ekonomiska analysen av föreslagna och befintliga lösningar har återbetalningstid och nyckeltalet kostnad per MWh beräknats.

Pay-off tider har beräknats enligt

$$T = \frac{G}{a} \text{ där } a = K_b - G \times k \text{ och } k = \frac{p}{1-(1+p)^{-n}}$$

Ekv.14

Nyckeltalet kr/MWh har beräknats för

- Absorptionskyla
- Kompletterande flispanna
- Fjärrvärme
- Elpanna
- Oljepanna
- Flispanna 5 MW

T= Avbetalningstid  
 G= Grundinvestering  
 a= inbetalningsöverskott  
 K<sub>b</sub>= Kostnadsbesparing  
 k= Annuitetsfaktor  
 p= Kalkylränta  
 n= Ekonomisk livslängd

För kalkyl se *bilaga 7*.

#### 4.4.1 Absorptionskyla

Pay-off tiden för absorptionskyla med anslutning till byggnad 39 har beräknats enligt ekv.14 där

$$K_b = (K_{fv+ep} + K_{eb} - K_{fl} - K_{DoU} - K_{öff} - K_{kyltorn}) \times Q_{tot}$$

$K_{fv+ep}$ = Kostnad per MWh för produktion med fjärrvärme och elpannan  
 $K_{eb}$ = Eventuell kostnad/besparing per producerad MWh kyla  
 $K_{fl}$ = Fliskostnad per MWh  
 $K_{DoU}$ = Drift och underhållskostnader  
 $K_{öff}$ = Eventuell Kostnad per MWh för ökat uttag till absorptionskyla  
 $K_{kyltorn}$ = Elkostnad för kyltornets fläktdrift

Ekv.15

Grundinvesteringen inkluderar kostnader för

- Absorptionskyla-aggregatet, 1,475 miljoner kronor
- Kyltorn 11 kW, 175 000 kronor
- 2 miljoner för rör- och elinstallationer, drivvärme, värmesänkan och pumpar
- 2 miljoner för Röranslutningar, fram- och returledning, till byggnad 39

Den beräknade pay-off tiden för ett absorptionskyla-aggregat med märkeffekten 500 kW blev då 4,7 år.

Nyckeltalet kostnad per MWh beräknades till 286,5 kr/MWh

#### 4.4.2 Flispanna 2,5 MW

Pay-off tiden för en mindre flispanna har beräknats enligt ekv.14 där

$$K_b = (K_{fv+ep} - K_{fl} - K_{DoU}) \times Q_{tot}$$

Ekv.16

Grundinvesteringen inkluderar kostnader enligt budgetoffert från Jernforsen AB på 16 450 000 kr. Beräknad pay-off tid för en kompletterande flispanna på 2,5 MW blev 27,8 år. Nyckeltalet kostnad per MWh beräknades till 404,7 kr/MWh.

#### 4.4.3 Fjärrvärme

För fjärrvärmen har nyckeltalet kr/MWh beräknats. Nyckeltalet baseras på den genomsnittliga kostnaden för sommarperiodens energianvändning i relation till förbrukning. För prisavtal se bilaga 6.

Kostnaden har beräknats till 425 kr/MWh.

## 4.5 Jämförelse av lösningarna mot nyckeltalen

Resultatet av Jämförelsen av de olika energiproducenternas nyckeltal för perioden kan skådas i tabell 1 nedan

|                                     | Kostnad (kr/MWh) | Kg CO2/MWh |
|-------------------------------------|------------------|------------|
| Värmeproduktion med absorptionskyla | 286,49           | 18         |
| Kylproduktion med absorptionskyla   | 409,2647843      | 25,7       |
| Kompletterande flispanna            | 404,71           | 18         |
| Elpanna+fjärrvärme                  | 565,65           | 20-58      |
| Elpanna                             | 1052,63          | 20-40      |
| Fjärrvärme                          | 425,00           | 25-55      |
| Oljepanna                           | 1003,479821      | 314        |
| Befintlig flispanna                 | 224,80           | 18         |
| Kompressionskyla                    | 333,33           | 20-40      |

Tabell 1, jämförelse av nyckeltalen.

## 5. Diskussion

### 5.1 Absorptionskyla för ökat värmeunderlag

Absorptionskyla skulle jämna ut lasten över året och göra det möjligt att elda med den befintliga flispannan året runt, förutom vid ett par veckors nödvändigt årligt underhållsstopp. Men denna lösning kräver ett jämnare kylunderlag för att kunna anses som en hållbar lösning. Vid en eventuell avveckling av det centrala ångsystemet, som har diskuterats vid tidigare utredningar, så måste absorptionskyla-aggregatet dimensioneras om för att kompensera även för ångans produktionsbortfall. Kyla producerad med absorptionskyla där drivenergin kommer ifrån bioenergi, ger förutom en billigare produktion i jämförelse med dagens befintliga kompressorkylmaskiner, även reducerade utsläpp av koldioxid per producerad MWh med ca 1-2 kg/MWh.

### 5.2 Kompletterande mindre flispanna

En kompletterande mindre flispanna är ett bränsleekonomiskt alternativ som skulle utnyttja befintliga resurser under en större del av året än idag. Förutom att klara produktionen under årets varmare månader så skulle en mindre flispanna även kunna användas till att komplettera den befintliga flispannan vid stora laster. En vidare utredning skulle vara intressant för att undersöka hur en genomsnittlig årlig spetsproduktion då skulle påverka utfallet. Nackdelen är just att detta är en dyr lösning, även om budgetpriset som ligger till grund för den ekonomiska analysen kan tänkas ligga i överkant, så medför en mindre flispanna andra kostnader som demontering av oljepannan mm. Återbetalningstiden av en mindre flispanna tangerar i rapporten dess ekonomiska livslängd vilket gör att lösningen också tangerar en dålig investering. Vid eventuell avveckling av det centrala ångsystemet så skulle en 2,5 MW's flispanna troligen klara den lägre lasten även om lägsta last skulle motsvara lite mindre än 25 % av pannans märkeffekt. Men om intentioner finns att avveckla ångsystemet så finns egentligen ingen anledning att investera i en fliseldad ångpanna eftersom en fliseldad hetvattenpanna då kan tänkas vara ett billigare alternativ.

### 5.3 Fjärrvärme vid upphörd ångproduktion

Fjärrvärmen som redan är en av dagens lösningar, klarar inte av att producera ånga. Detta gör att så länge som det finns en central distribution av ånga, så måste denna produceras med hjälp av en annan energikälla än fjärrvärme. Vid ett eventuellt avvecklande av det centrala ångsystemet så skulle fjärrvärmen bli ett intressantare alternativ. Även om fjärrvärmen är dyrare för produktion av hetvatten än övriga alternativ, så innebär fjärrvärme också mindre underhåll och en högre driftsäkerhet. Eftersom fjärrvärmen redan finns tillgänglig så innebär detta alternativet inga inledande investeringskostnader eller ombyggnationer. Men främst så behövs fjärrvärmen som reserv och som spetsresurs för att minimera eller utesluta användning av olja.

### 5.4 Felkällor

Felkällor i rapporten är främst somarperiodens energianvändning där mätdata endast omfattar sommaren 2015. För fjärrvärmen har mätdata erhållits för perioden 1:a juni till 30:e september 2015. För perioden 15:e till sista maj har en medeldygnsanvändning från erhållen mätdata använts för antalet dagar som omfattas i maj. Det är troligt att förbrukningen i maj var högre än så på grund av en lägre medeltemperatur. För ångproduktion med elpannan har mätdata för endast 6 dagar i augusti använts, detta accepteras eftersom variationer i hur ångberoende verksamheter bedrivs tros vara liten för perioden. Detta till trots så kan ändå tänkas att ångförbrukningen kan variera lite från en vecka till en annan vilket gör detta till en tänkbar felkälla. En annan felkälla som är förknippad med energianvändningen är lastens beräknade variation. På grund av tillgång till endast dygnsvärden för energianvändning har bara dygnsmedellaster kunnat beräknas, det är därför troligt att den momentana min-lasten respektive spetslasten kan vara lite lägre respektive högre. Men beräknade laster har ändå validerats av panntekniker Christer som rimliga utifrån dennes erfarenhet.



Ytterligare en tänkbar felkälla är byggnad 39's beräknade kylenergibehov. Vid beräkningar av denna har jag bortsett från den extra energi som måste tillföras när luft kyls förbi daggpunkten. Den mängd energi som måste tillföras när detta sker är inte försumbar, och skulle behöva inkluderas för mer exakta kylbehovs beräkningar för byggnad 39. Men detta är först och främst viktig att ta hänsyn till vid dimensionering av ett kylaggregat för att klara en byggnads eventuella kyltoppar vid hög luftfuktighet, vilket inte är fallet här efter som syftet inte är att fullt ut ersätta kompressorkyla utan att höja lasarettets värmeunderlag.

## **5.5 Miljömässig hållbarhet**

Ramarna för den miljömissiga hållbarheten har avgränsats ganska snävt till att bara omfatta värmeproduktionen där fokus ligger på produktion med förnyelsebara energikällor och på klimatpåverkande utsläpp i form av koldioxid. Det finns många fler aspekter kring hållbarhet med bioenergi än bara de som berörs i rapporten. Om ramarna vidgas skulle måtten på hållbarhet även kunna innefatta t.ex. resthantering av aska och ett hållbart skogs- och jordbruk som nämns i teorin om flispannor, samt transporter. Även kring frågan om utsläpp vid värmeproduktionen finns fler utsläpp som kan tänkas beröras i Sveriges miljömål, t.ex. kring målen om frisk luft och en giftfri miljö. Men av de utsläpp som värmeproduktion med bioenergi genererar kan ändå sägas att utsläpp av koldioxid är det i särklass viktigaste ur ett hållbarhetsperspektiv och därför det som hamnar i fokus i rapporten.

## 6. Slutsats

Resultatet bekräftar tidigare antagande om att dagens lösning för värme och ångproduktion under sommarperioden är betydligt kostsammare per MWh än produktionen resterande del av året. Landstinget i Blekinge ställde sig frågan om möjligheten att tillämpa någon annan lösning för en förmånligare produktion ur ett ekonomiskt och miljömässigt hållbart perspektiv under denna period. Vidare önskade Landstinget att detta skulle vara hållbara lösningar som ligger i linje med deras miljömål, och därav valet av föreslagna lösningar. Resultatet visar att samtliga lösningar som utreds i rapporten, med gällande uppgifter om energianvändning, kostnader och avtal, är mer förmånliga än dagens lösning. Både ur ett ekonomiskt perspektiv och ur ett hållbarhetsperspektiv med vikt vid förnyelsebara energikällor och klimatpåverkande utsläpp. Resultaten för de olika lösningarna skiljer sig åt en del sett till kostnader, koldioxidutsläpp och avbetalningstider. Ur ett ekonomiskt och miljömässigt hållbart perspektiv är det lösningen med tillämpning av absorptionskyla som till synes är den mest förmånliga. Denna lösning resulterar i den lägsta kostnaden per MWh, och även till låga emissioner av CO<sub>2</sub>. Nackdelen med absorptionskyla är att om aggregatet endast ansluts till byggnad 39, så är kyllasten så sporadisk att någon form av utjämning kan vara nödvändig för en kontinuerlig drift av den befintliga flispannan. Om Landstinget skulle välja att investera i absorptionskyla borde det därför finnas intentioner att t.ex. ansluta till fler byggnader framöver, för att kyluttaget bättre ska motsvara en jämn min-last höjning. Näst efter absorptionskyla så framstår en mindre flispanna som det förmånligaste alternativet, sett till kostnader och miljöpåverkan. En annan fördel med en mindre flispanna, vilket inte utreds i rapporten eftersom endast sommarperioden innefattas, är att en mindre flispanna förutom att täcka behovet av energiproduktion under sommarperioden, även skulle kunna användas vid spetslast under årets kallare perioder, och då ersätta produktion med oljepanna eller fjärrvärme till en förmånligare kostnad och en bättre hållbarhet. I den ekonomiska analysen av en mindre kompletterande flispanna ingår inte kostnader för att demontera oljepannan på 4,5 MW vilket skulle vara nödvändigt för installation av flispannan. Detsamma gäller för demontering av slangfiltret för att bereda plats för ett absorptionskyla-aggregat. Det tredje förmånligaste alternativet sett till ekonomi och hållbarhet blev fjärrvärme utan ångproduktion. Lösningen med absorptionskyla kräver ett fortsatt uttag av ånga för att dimensionering enligt rapporten ska gälla. En eventuell avveckling av det centrala ångsystemet skulle medföra en lägre produktion med ca 800-1000 MWh för perioden.

Slutsatsen blir därför att det finns alternativ för en mer ekonomiskt fördelaktig och miljömässigt hållbar produktion av varmvatten och ånga än det som används idag.

## 7. Referenser

- [1] Svensson, Ann-Helene. Ingenjör, Lanstinget Blekinge
- [2] Frej, Håkan. Affärsområdeschef, Landstinget Blekinge
- [3] Norrby, Åsa. Affärsområdeschef, Landstinget Blekinge
- [4] Johansson, Per. 2014. Energiförbättrande åtgärder i Landstingets fastigheter.
- [5] Nilsson, Christer. Panntekniker, centrallasarettet i Karlskrona.
- [6] Olsson, Darek. Avdelningschef fastighetsunderhåll, Landstinget Blekinge.
- [7] Robért, Karl-Henrik. 2000. Journal of cleaner production, Tools and concepts for sustainable development, how do they relate to a general framework for sustainable development, and to each other.
- [8] Sveriges miljömål. 2013. Hämtat 2016-04. <http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/>
- [9] Naturvårdsverket. Hämtad 2016-05. Vägledning förbränningsanläggningar mindre än 20 MW. <http://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledningaer/Forbranning/Medelstora-forbranningsanlaggningar/Forbranningsanlaggningar-mindre-an-20-megawatt/>
- [10] Miljöportalen. 2010. Hämtad 2016-05. Växthuseffekt och växthusgaser- vad är det egentligen? <http://www.miljoportalen.se/luft/vaexthusgaser/vaexthuseffekt-och-vaexthusgaser-vad-aer-det-egentligen>
- [11] Schroeder, Daniel V. 1999. An introduction to thermal physics. Kapitel 2.
- [12] Martin, Viktoria. 2013. Fjärrvärmeanpassad absorptionskyla.
- [13] Wiberg, Anders. 2006. Absorptionskylamaskin för ökat värmeunderlag. Kapitel 2, Absorptionskylamaskinen.
- [14] Ekoff, Pauline. Lund, Johanna. 2006. Absorptionskyla I Linköpings energisystem, kompressorkyla vs absorptionskyla. Sid. 7, fördelar med absorptionskyla.
- [15] Energimyndigheten/Energikontor sydost. 2004. Biobränsleeldade värmeanläggningar.
- [16] Energimyndigheten. Hämtad 2016-05. Hållbara bränslen. <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/hallbarhetskriterier/>
- [17] WWF. 2011. Hållbar energi, 100 % förnybart på naturens villkor.

- [18] Svensk fjärrvärme. Hämtad 2016-05. Fjärrvärmens miljönytta.  
<http://www.svenskfjarrvarme.se/Fjarrvarme/Fjarrvarmens-klimatnytta/>
- [19] Affärsverken. Hämtad 2016-05. Om fjärrvärme.  
<http://www.affarsverken.se/Privat/Fjarrvarme/Sa-fungerar-fjarrvarme/>
- [20] Svensson, Matilda. Rasmussen, Tomas. 2016. Energiförluster, Fortsatt utredning av det centrala ångsystemet.
- [21] Svensson, Matilda. Rasmussen, Tomas. 2015. Energideklaration, centrala ångsystemet, tabell 1.
- [22] Fakheri, Ahmad. 2007. Heat exchanger efficiency.
- [23] SMHI, öppna data. Hämtad 2016-04. Meteorologiska observationer, lufttemperatur timvärde, dygnsvärde och medel-månadsvärde. <http://opendata-download-metobs.smhi.se/explore/?parameter=0#>
- [24] Carrier. 2016. Referens Stefan Orwén. <http://www.carrierab.se/>
- [25] Lindberg, Bengt. Kyltekniker, Landstinget Blekinge.
- [26] Tovesson, Anders. Projektledare, Landstinget Blekinge
- [27] Pettersson, Magnus. Ventilationstekniker, Landstinget Blekinge
- [28] Werner, Anna. Jonsson, Robin. 2012. Optimerad användning av fjärrkyla.
- [29] C.A.-Mörck AB. 2016. Referens Peter Sundbaum . [http://www.ca-morck.se/?gclid=CKDov7Kt6MwCFeTUcgod\\_5ANQA](http://www.ca-morck.se/?gclid=CKDov7Kt6MwCFeTUcgod_5ANQA)
- [30] Jernforsen AB. 2016. Referens Magnus Holmgren. <http://www.jernforsen.com/se>
- [31] Landstinget Blekinge. 2016. Riktvärden för avskrivningstider, fastigheter/byggnader.
- [32] Nilsson, Marta. Controller, Landstinget Blekinge.
- [33] Biomass, Energycenter. Hämtad 2016-04. Carbon emissions of different fuels, Fuels for heating and power.  
[http://www.biomassenergycentre.org.uk/portal/page?\\_pageid=75,163182&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://www.biomassenergycentre.org.uk/portal/page?_pageid=75,163182&_dad=portal&_schema=PORTAL)
- [34] Svensk energi. Hämtad 2016-05. Hur mycket koldioxid medför din elanvändning.  
<http://www.svenskenergi.se/Elfakta/Miljo-och-klimat/Klimatpaverkan/Hur-mycket-koldioxid-medfor-din-elanvandning/>

[35] Lundell, Peter, Kungliga tekniska högskolan. 2004. Grattid för kyla.