

## **Värmeåtervinning med värmepump från livsmedelskylsystem i butik**

**”Nätverket BeLivs är ett ledande nätverk som skapar värde, ökar kunskapen och verkar för energieffektivisering i livsmedelslokaler. ”**



**Energimyndighetens Beställargrupp Livsmedelslokaler**

*Respektive författare ansvarar och står för innehållet i denna rapport*

# **Värmeåtervinning med värmepump från livsmedelskylsystem i butik**

## **Heat recovery in refrigeration system by applying heat pump**

L Rolfsman

C Markusson

M Borgqvist

J Björkman

K Larsson

Projektnummer: BP04

År: 2014

## Beställargruppens medlemmar



Axfood AB



Bergendahls Food AB



City Knalleland



ICA AB



KF Fastigheter



Max Hamburgerrestaurang



Statoil Fuel & Retail



ÖREBRO

Örebro kommun

**BeLivs**  
**Energimyndighetens Beställargrupp Livsmedelslokaler**  
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut  
Box 857, 501 15 Borås  
[www.belivs.se](http://www.belivs.se)  
[belivs@sp.se](mailto:belivs@sp.se)

*Respektive författare ansvarar och står för innehållet i denna rapport*

## Sammanfattning

Uppgiften i det här BeLivs-projektet var att demonstrera hur energianvändningen i en befintlig livsmedelsbutik kan minskas, genom att återvinna den värme som frigörs från ett av butikens kylsystem. I ett nordligt land som Sverige är i regel den värme, som frigörs från kylsystem för livsmedel, tillräckligt stor för att kunna tillgodose butikens behov av uppvärmning. Istället för att kyla bort värmen till uteluften som oftast är fallet idag, är värmeåtervinning en möjlighet till att sänka driftskostnader för uppvärmning. I detta projekt installerades teknik för värmeåtervinning i en befintlig livsmedelsbutik på ca 3000 m<sup>2</sup>, där värme från ett av butikens fyra maskinrum användes för att täcka hela butikens behov av uppvärmning av lokal och tappvarmvatten. Installationen föregicks av att kylsystemet i fråga, hade energieffektiviserats genom att dörrar hade installerats på kyldiskar och kylsystemet hade anpassats till det nya kylbehovet genom en rad åtgärder. Detta är beskrivet i en egen delrapport för projektet.

Det finns tre olika sätt att återvinna den värme som avges i kylsystemens kondensorer:

1. **Höja kondenseringstrycket** för nå den temperatur som behövs för direkt värmeväxling till butikens distributionssystem för uppvärmning.
2. **Installera en värmepump** som använder kylsystemet som värmekälla och levererar den framledningstemperaturer som behövs i butiker med distributionssystem som kräver höga temperaturer (exempel byggda för fjärrvärme och eldning av olja eller biobränsle). En värmepump möjliggör även uppvärmning av tappvarmvatten, som kräver temperaturer upp mot 60 - 65°C.
3. **Använda kylsystem av typen transkritiskt CO<sub>2</sub>** som även kan används för uppvärmning av butiken.

I detta projekt installerades en värmepumpsanläggning, då butikens värmeväxlare i ventilationssystemet krävde höga framledningstemperaturer. Lokalen värmdes främst upp via ventilationsluften, men även radiatorer, aerotemperar och luftridåer fanns. Genom värmepumpsanläggningen kunde även tappvarmvatten värmas. Värmepumpsanläggningen består av fyra värmepumpsaggregat av standardutförande med on/off-reglering av kompressorerna, samt ackumulatortankar för lokaluppvärmningssystemet och varmvattenberedare tankar för värmning av tappvarmvatten. Mätutrustning installerades på värmepumpsanläggningen för att mäta värme till och från värmepumpen samt värmepumpsaggregatens elanvändning. Mätningen pågick under två veckor i januari 2014, då utomhustemperaturen varierade mellan -7°C och 7°C med en medeltemperatur på ca -2°C. Värmepumpsanläggningen prioriterade värmning av tappvarmvatten. Tillgänglig värme från kylsystemet berodde på kylbehov i det ombyggda kylsystemet, vars styrstrategi var att hålla energianvändning kylsystemet så låg som möjlig.

Under mätperioden halverades mängd inköpt fjärrvärme med 50 %, jämfört med samma period föregående år. Värmepumpens COP var under mätperioden omkring 4. Utetemperaturen var likvärdig för de två åren. Denna minskning kunde troligen varit mer, då mätningar i kylsystemet påvisade att värme kylades bort till uteluften, samtidigt som fjärrvärme köptes in. Värme som kunde användas i värmepumpen kylades med andra ord bort i onödan. Injusteringen av systemen var inte klar under tiden för mätningen och kommer pågå ytterligare ett år för att få med alla variationer i last. För att få effektiv och lönsamhet drift av de olika systemen i butiken behövs samordning mellan ett antal olika styrsystem, så som system för livsmedelskyla, värmepump, ventilation och fjärrvärme. Ett överordnat styrsystem behövs för att förhindra att värme köps in samtidigt som värme från kylsystemet dumpas över tak till uteluften. Det är även viktigt att underhåll utförs, där systemen ses över både i fråga av mätning och av inställningar för att förhindra att exempelvis ventiler står öppna eller läcker och att inställningar förhindrar mesta möjliga värmeåtervinning.

**Nyckelord:** värmeåtervinning, värmepump, kylsystem, livsmedelskyla, livsmedelsbutiker

## Summary

The scope of this BeLivs project was to demonstrate how the energy use in an existing supermarket can be reduced by recycling the heat released from one of the supermarket's refrigeration system. In a northern country like Sweden, food refrigeration systems in supermarkets have enough heat to meet the heating demand of the supermarket. Today, the heat is often cold by the outdoor air instead of being utilized for heating space and/or domestic hot water to reduce the operating cost for heating. In this project a heat recovery system was installed in an existing supermarket of about 3 000 m<sup>2</sup>, where heat from one of the supermarket's four engine room was used to cover the supermarket's entire need for heating space and domestic hot water. The installation was preceded by installations of doors on display cabinets to reduce the cooling demand of the refrigeration system. The refrigeration was also modified to the reduced cooling demand by different measures. This process is described in a separate report. There are three different ways to recover the heat released from the condenser in refrigeration system:

1. Raise the condensing pressure to reach the temperature required for direct heat exchange to the distribution system for heating the supermarket.
2. Installing a heat pump, which utilizes the refrigeration system as a heat source and supplies an outlet temperature needed in the types of heating system requiring high temperatures (distribution systems built for e.g. district heating and oil or bio fuel fired hot water boilers). A heat pump also allows heating of domestic hot water, which requires temperatures up to 60 - 65°C
3. Refrigeration system of transcritical CO<sub>2</sub> type, which can also be used for heating of the supermarket.

A heat pump system was installed in this project, since the heat exchangers in the ventilation system of the supermarket required high inlet flow temperatures. The supermarket was primly heated by the ventilation air, but even radiators, aerotempers and air curtains were used. The heat pump can also heat domestic hot water. The heat pump system consists of four heat pump units of standard design with on/off controlled compressor, and storage tanks for the space heating system and tanks for heating domestic hot water. Measuring equipment was installed on the heat pump system to measure heat to and from the heat pump and also the electricity use of the heat pump units. The measurement period lasted for two weeks in January 2014, when the outdoor temperature varied between -7°C and 7°C with an average temperature of about -2°C. The heat pump system prioritizes heating of domestic hot water. The heat supply from the refrigeration system depends on the cooling demand in the rebuilt refrigeration system, which control strategy is to keep the energy use in the refrigeration system as low as possible.

During the measurement period, the amount of purchased district heating was lowered by about 50% compared to the same period last year. The COP of the heat pump was about 4 during the measurement period. The outdoor temperature was similar for the two years. A larger reduction in district heating demand is likely possible, since the measurements showed that heat from the refrigeration system was cooled by the outdoor air simultaneously as district heating was purchased. This heat, cooled by the outdoor air, could instead be utilized in the heat pump system for space and domestic hot water heating. Adjustment of the systems and theirs parameter was not completed at the time for the measurements and need another year to get all the variations in loads. To achieve an effective and profitable operation of the various systems in the supermarket, there is a need for coordination between a number of different control systems, such as systems for food refrigeration, heat pump, ventilation and district heating. An overall control system is needed to prevent that district heat is purchased at the same time as the heat from the refrigeration system is cooled by the outdoor air. It is also important that maintenance is done, where both measurements and settings in the systems are inspected to avoid for example open or leaking valves and settings preventing heat recovery by the heat pump system.

**Keywords:** heat recovery, heat pump, refrigeration system, food refrigeration, supermarkets

## Förord

Energimyndigheten startade BeLivs 2011. BeLivs uppdrag är att vara en objektiv part och att driva utvecklingsprojekt med energieffektivisering och miljöfrågor som gemensamma nämnare bland sina medlemmar i deras fastigheter. Resultaten och erfarenheterna av projekten publiceras som rapporter på [www.belivs.se](http://www.belivs.se) och är kostnadsfria att ta del av. Alla bolag i branschen, även de som inte är medlemsföretag, kan därför dra nytta av BeLivs arbete.

**Varför BeLivs?** En stor andel elenergi används i butiker och livsmedelslokaler. BeLivs uppgift är att skynda på utvecklingen mot energieffektivare livsmedelslokaler genom att driva utvecklingsprojekt. Projekten handlar om att visa att och hur energieffektiv teknik och energieffektiva system fungerar i verkligheten tillsammans med medlemmarna. En lika viktig uppgift är att föra ut erfarenheter från projekten till resten av branscher som är kopplade till livsmedelslokaler.

BeLivs skall hjälpa Sverige att nå de energimålen som är uppsatta. BeLivs mål är att få ut energieffektiva system och produkter tidigare på marknaden. Parallellt med en ökad energieffektivitet skall utvecklingsprojekten också förbättra eller bibehålla verksamheten och inomhusmiljön i lokalerna och vara ekonomiskt lönsamma. Det är viktigt att produkter och system som det investeras i är kostnadseffektiva.

Datum: 2012-05-07

## Förkortningar och definitioner

Förkortning	Förklaring
BeLivs	Energimyndighetens Beställargrupp Livsmedelslokaler
COP	Coefficient of Performance; kvot mellan avgiven värmeeffekt och tillförd el, beskriver energieffektiviteten hos värmepumpsaggregaten
CO <sub>2</sub>	Koldioxid
kr	Svenska kronor
kW	Kilowatt, effektenhet
kWh	Kilowattimme, energienhet
KTH	Kungliga Tekniska Högskolan
KMK	Kylmedelskylare; kylmedlet är det medium som cirkulerar mellan kylmaskinen och kylmedelkylaren
LCC	Life Cycle Cost, livscykelkostnad
MW	Megawatt, effektenhet
MWh	Megawattimme, energienhet
SP	SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
VP	Värmepump

Akkumulatortank	Bufferttank för värmevatten i systemet för lokaluppvärmning. Värmepumpen laddar akkumulatortanken med uppvärmt värmevatten, som sedan går ut till butikens värmeställen (ex. värmeväxlare i ventilationssystemet).
Förångning	Den del i den kyltekniska processen där värme tas upp av köldmediekretsen. Förångningsförhållandet beskrivs i tryck eller i temperatur.
Kondensering	Den del i den kyltekniska processen där värme avges från köldmediekretsen. Kondenseringsförhållandet beskrivs i tryck eller i temperatur.
Komfortkyla	Kylning av luften inne i butiken, sker ofta med hjälp av AC-aggregat (Air Conditioner).
Kylbatteri	Värmeväxlare i kyldiskar och kylrum, som kyler luften i disken och rummet för att upprätthålla krävd lagringstemperatur för matvarorna.
Kylaggregat/Kylmaskin	Aggregat som omfattar kompressor, förångare och kondensor i kylsystemet för livsmedelskyla. (Även kallad vätskekylaggregat (VKA) eller chiller.)
Kyleffekt	Den värmeeffekt som kylaggregaten kyler bort från diskar och lagerrum. Över tid blir detta kylenergi.
Kylbehov	Det behov av kyla som krävs för att upprätta krävd temperatur i diskar och lagerrum. Kylbehov är samma som bortkyld kylenergi om temperaturerna är lika. Om kylbehovet är mindre än kylenergin kommer temperaturerna i disken eller lagerrummet att minska. Motsatt om behovet är större än vad kylsystemet klarar kommer temperaturen att öka. Dessa termiska begrepp ska inte förväxlas med drivenergin för att driva den termiska processen. Drivenergi till i första hand kompressionen i kompressorn.

Kylställen	Kyldisk eller kylrum i livsmedelsbutiken.
Varmvattenberedare	Varmvattentank i vilken varmvatten från värmepumpsanläggning värmer ingående tappkallvatten till tappvarmvatten.
Värmebehov	Det behov av värme butiken har för uppvärmning av lokal och/eller tappvarmvatten.
Värmekälla	Det system/den källa som förser värmepumpsanläggningen med värme (värme som tas upp av värmepumpens förångare). I detta projekt var värmekällan ett av butikens kylsystem för livsmedelskyla.
Värmepumpsaggregat	Aggregat som omfattar kompressor, förångare och kondensor i en värmepump.
Värmepumpsanläggning	Innefattar samtliga värmepumpsaggregat.
Värmesänka	Det system/den sänka till vilket värmepumpsanläggning avger värme (värme som avges från värmepumpens kondensor). I detta projekt var värmesänkorna systemet för lokaluppvärmning respektive systemet för beredning av tappvarmvatten.



# Innehållsförteckning:

<b>Sammanfattning</b> .....	<b>4</b>
<b>Summary</b> .....	<b>5</b>
<b>Förord</b> .....	<b>6</b>
<b>Förkortningar och definitioner</b> .....	<b>7</b>
<b>Innehållsförteckning:</b> .....	<b>9</b>
<b>Inledning</b> .....	<b>10</b>
<b>1 Projektbeskrivning</b> .....	<b>10</b>
1.1 Syfte och mål .....	10
1.1.1 Projektets syfte .....	10
1.1.2 Projektets mål .....	10
1.1.3 Målgrupp .....	10
1.2 Energieffektiviseringspotential.....	11
1.3 Avgränsningar.....	11
<b>2 Bakgrund</b> .....	<b>12</b>
2.1 Beskrivning av byggnaden och dess tekniska system .....	13
2.2 Energiberäkningar av planerade åtgärder, kostnadsbedömningar, lönsamhetskalkyler.....	14
<b>3 Genomförande</b> .....	<b>15</b>
3.1 Planerade åtgärder i projekt .....	15
3.1.1 Värmeåtervinning, tappvattenvärmning och lokaluppvärmning .....	15
3.1.2 Eleffekt .....	16
3.1.3 Styrning.....	16
3.2 Organisation – medverkan i projekt.....	17
3.3 Tidsplan .....	17
<b>4 Mätningar</b> .....	<b>18</b>
4.1 Värmeenergi från det ombyggda kylsystemet .....	19
4.2 Elenergi till och värmeenergi från värmepumpsanläggningen .....	20
4.2.1 Värmeenergi till lokaluppvärmning och tappvarmvattenberedning.....	21
4.2.2 Elenergi till värmepumpsanläggningen .....	21
4.3 Värmepumpsanläggningens täckningsgrad .....	23
4.4 Mätosäkerhet .....	24
<b>5 Resultat</b> .....	<b>25</b>
5.1 Energieffektiviseringspotential – uppmätt.....	25
5.2 Kostnadsbesparing – uppskattning .....	26
<b>6 Slutsatser</b> .....	<b>28</b>
<b>7 Rekommendationer och fortsatt arbete</b> .....	<b>30</b>
<b>8 Litteraturreferenser</b> .....	<b>31</b>
<b>Bilaga A. Givare i systemet för mätning</b> .....	<b>1</b>
<b>Bilaga B. Beräkningar</b> .....	<b>1</b>
<b>Bilaga C. Vad ska man tänka på vid upprepning av den här demonstrationen</b> .....	<b>1</b>

# Inledning

## 1 Projektbeskrivning

I en befintlig livsmedelsbutik, ICA City Sparköp i Knalleland Borås, kyls värmen från livsmedelskylsystemet till utomhusluften via så kallade kylmedelskylare. Värmning av lokaler och tappvatten sker med fjärrvärme. Istället kan värmen från butikens kylsystem värmeåtervinnas och användas för uppvärmning av lokaler och/eller värmning av tappvarmvatten, för att minska energibehovet energikostnader för livsmedelsbutiken. I detta BeLivs-projekt planeras en värmepumpanläggning installeras, som använder värmen från livsmedelskylsystemet som värmekälla. Värmepumpen kommer leverera värme för lokaluppvärmning och varmvatten till butiken.

### 1.1 Syfte och mål

Syftet med projektet var att utföra en demonstrationsanläggning för att energieffektivisera en existerande livsmedelsbutik i två delar. Första delen var att utföra en rad olika energieffektiviseringsåtgärder i ett av butikens kylsystem, för att sänka kylbehovet samt behovet av köpt el för att driva systemet. Ombyggnationen av kylsystemet beskrivs separat i en egen rapport [1] och var den första delen i att energieffektivisera butiken.

Andra delen var att energieffektivisera butiken genom att återvinna värmen som frigörs från det ombyggda kylsystemet för uppvärmningen av lokalen och tappvarmvatten. Andra delen beskrivs i denna rapport.

#### 1.1.1 Projektets syfte

Projektet syftade till att integrera kunskap från tidigare genomförda studier i ett demonstrationsprojekt för att skapa nya innovativa energieffektiva systemlösningar i livsmedelslokaler.

En värmepumpanläggning installerades i en befintlig livsmedelsbutik för att återvinna kondensorvärme från kylsystemet och värma lokal och tappvatten till önskad temperatur. Den skillnad som skall visas upp är minskning av köpt fjärrvärme i förhållande till köpt el för att driva värmepumpen.

#### 1.1.2 Projektets mål

Projektets mål var att ge ett underlag till en beställningsmanual med rekommendationer om vad man bör tänka på, när system ska installeras för att kunna återvinna kondensorvärme från livsmedelskylsystem. Projektet ska ge en ökad kunskap samt visa hur stor den verkliga energivinsten kan bli.

#### 1.1.3 Målgrupp

De som har nytta av kunskap från projektet är beslutsfattare och rådgivare för kyl- och värmeinstallationer i livsmedelsbutiker. Dessutom kan hela den mångfacetterade installationsbranschen av kyl- och värmepumpsutrustning tillgodose sig resultatet. Ofta köps både värmepumpsaggregat och styrsystem av installatörer från grossistledet. Därmed får grossister, som ofta även är aggregatbyggare, en nyckelroll i leveranskedjan.

## 1.2 Energieffektiviseringspotential

Värmeåtervinningens energieffektiviseringspotential beror på hur mycket de energieffektiviserande åtgärderna, som utförs på den kalla sidan (det ombyggda kylsystemet), sänker kylbehovet. Minskat kylbehov innebär mindre värme från kylsystemet och därmed mindre att värme återvinna. Användandet av en värmepump för värmning av tappvarmvatten och lokal, kommer innebära minskad mängd köpt energi i form av fjärrvärme för butiken. Om det senare visar sig att värmemängden från det ombyggda kylsystemet är för liten för att täcka hela fjärrvärmebehovet, är det möjligt att även förse värmepumpen med värme från andra maskinrum. Livsmedelsbutiken har totalt fyra maskinrum för att kyla och frysa livsmedelen som lagras i butiken. Installation av en värmepumpsanläggning innebär ett ökat behov av inköpt elenergi för att driva värmepumpsanläggningen, men ett minskat behov av inköpt fjärrvärme. Historiskt sätt är butikens fjärrvärmebehov för att värma lokalen och tappvatten ca 600 MWh/år. Detta efter att ventilationen ändrats till full återluft styrd via CO<sub>2</sub>-givare i lokalen.

## 1.3 Avgränsningar

Projektet redovisar resultat från den aktuella demonstrationen. Resultat baseras på mätning efter installation och bara under en period av två veckor.

Den utkylning av butiksloken, som kylläckage från öppna diskar leder till har inte tagits med i projektet. Utkylningen leder ofta till ett utökat värmebehov under hela året och ibland sommartid ett minskat kylbehov av lokalerna. I den första delen av projektet sattes dörrar på öppna kyldiskar, vilket minskat läckaget av kyla från diskarna [1].

## 2 Bakgrund

Livsmedelbutikerna i demonstrationsprojektet har fyra maskinrum som försörjer butikerna med kyla till kyl- och frysinstallationer, d.v.s. diskar och lagerrum för matvaror. Ett av dessa maskinrum och den kylkrets som maskinrummet försörjer har energieffektiviserats. I kylkretsen är kyldiskar och kylagerrum installerade och för bort värme från matvarorna.

Det finns en stor energibesparingspotential vid olika åtgärder i kylsystemen, då elanvändningen i butiker generellt är hög och ungefär hälften av all elenergi som används i livsmedelsbutiker går åt till att kyla mat [1]. I butikerna har de öppna kyldiskarna för den ombyggda kylkretsen försetts med dörrar för att sänka kylbehovet [1]. Öppna kyldiskar är fortfarande vanligt förekommande i livsmedelsbutiker. Dessa använder onödigt mycket energi då kylan "läcker" ut i butikerna och den omgivande varma och fuktiga luften "dras in" i disken. Detta utläckage av kall luft och inträngning av varm luft leder, förutom till en onödigt hög energianvändning i kylsystemet, även till ojämna temperaturer i diskarna med en tänkbar följd att matvarornas kvalitet inte kan säkras [3][4]. Vidare kondenserar den varma och fuktiga luften som infiltrerar in i diskarna på kylbatterierna i diskarna och ger ett ökat avfrostningsbehov, vilket leder till ytterligare onödig energianvändning. Genom att utrusta diskarna med dörrar stannar den kylda och redan avfuktade luften kvar i kyldisken och behovet av avfrostning kommer att minska. För att minska kylbehovet ytterligare höjdes temperaturen på den utgående köldbäraren till diskar och lagerrum, som transporterar bort värmen från kylställena. Denna åtgärd medförde att behovet av avfrostningar försvann. Som ett steg i projektet anpassades kylanläggningen till det nya kylbehovet. Detta gjordes genom att införa flytande förångning, flytande kondensering, frekvensstyrning av kylmedelkylarens fläktar och de två on/off-styrda kylmaskinerna byttes ut mot fyra nya och mer energieffektiva kylmaskiner, varav två var varvtalstyrda. Detta sänkte kylbehovet i butikerna med ca 50 %. Genomförande och resultat energieffektivisering av ett av butikernas kylsystem beskrivs i en egen rapport [1].

Livsmedelbutikernas energieffektivitet kan ökas ytterligare genom att ta till vara på värmen från livsmedelkylsystemet. Kylsystem används för att kunna transportera värme från en låg temperatur till en högre. Värme tas från livsmedlen, som har en låg temperatur, och för att kunna transportera värmen till en högre temperatur används kompressorer som behöver elenergi för att drivas. Kombinationen av drivenergi och värme från den låga temperaturen gör att värmen måste kylas någonstans. Idag kyls oftast denna värme bort med uteluft via kylmedelkylare utanför butikerna. I ett nordligt land som Sverige är den värme som frigörs från kylsystem i regel tillräckligt stor för att kunna tillgodose butikens behov av uppvärmning. Värmen från kylsystemet för livsmedel kan värmeåtervinnas och användas för att värma lokaler och/eller tappvarmvatten, istället för att kylas av uteluft. Denna möjlighet till värmeåtervinning och sänkta driftskostnader för uppvärmning har varit känd länge, och börjar nu tillämpas mer allmänt.

Det finns principiellt två sätt att genomföra värmeåtervinning, där värmen från livsmedelkylsystemet tas till vara. Vad man väljer beror på det mottagande värmesystemet i butikerna. I butikslokaler distribueras värme för lokaluppvärmning oftast med ventilationsluften. Det enklaste sättet att genomföra värmeåtervinning är att höja kondensortrycket i kylsystemet tillräckligt högt för att direkt växla värmen till mottagande värmesystem. Detta förutsätter stora värmeväxlare i ventilationssystemet, för att kunna hålla nere framledningstemperaturen och kondenseringstrycket. Kondenseringstrycket avgör kondenseringstemperatur i kylsystemets kondensator. För att värmeväxla kondensatorvärmerna från kylsystemet till det luftburna lokaluppvärmningssystemet krävs en kondenseringstemperatur på 35 - 40°C eller motsvarande mättningsstryck på köldmediets mättningskurva (i kylteknik beskrivs ofta tryck som temperatur på köldmediets mättningskurva). När värme behövs för värmning av lokal eller tappvarmvatten, kommer kylsystemet med denna värmeåtervinningsmetod alltid att arbeta med förhöjd kondensering oberoende av aktuellt värmebehov. Förhöjd kondensering innebär försämrade effektivitet hos kylaggregaten, eftersom de måste arbeta upp en större

tyckstegring mellan förångaren och kondensorn. Kondenseringstrycket får heller inte överstiga det högst tillåtna trycket för kylaggregaten.

Det andra sättet att återvinna värmen från kylsystemet är att använda en värmepump. Värmepumpen höjer temperaturen på den värmemängden som frigörs från kylsystemets kondensator, till den framledningstemperatur som befintliga värmeväxlare i butikens värmesystem behöver. Kondenseringstrycket i kylsystemet kan då hållas låg. Med metoden att använda värmepumpar för att få önskad framledningstemperatur kan både tappvarmvatten värmas och värmeväxlare som är anpassade för uppvärmning av fossila bränslen eller med fjärrvärme användas. I många system finns dessutom både radiatorer, aerotemperar och ridåvärmeväxlare, som är konstruerade för en högre framledningstemperatur. I ett så kallat land som Sverige, är att höja kondenseringstrycket för att kunna använda värmen från kylsystemet egentligen detsamma som att införa elvärme via elmotorer för överskottstrycket.

Av dessa två metoder har flera beräkningar visat att det billigaste är att höja kondenseringstrycket i kylsystemet framför att göra investeringen i en värmepump [5][6][7]. Förutsättningen för dessa beräkningar var att alla värmeväxlare var utförda för lågtemperaturlösning och att tappvatten inte värms till användningstemperatur, utan värms eller eftervärms med annat uppvärmningssystem.

Ytterligare en metod att återvinna värmen från kylsystemet är att utnyttja transkritiskt CO<sub>2</sub>-system om ett sådant finns installerat i butiken. För att åstadkomma värmeåtervinning måste då CO<sub>2</sub>-systemet alltid arbeta i transkritisk drift. Någon bra referens för jämförande effektivitets- och kostnadsberäkningar för de tre metoderna har inte hittats, men transkritiskt CO<sub>2</sub> anses inte energieffektivt när det arbetar i transkritisk drift. Jämförande utsagor om CO<sub>2</sub>-system beskriver system installerade i södra EU och kommer från tillverkare av transkritiska CO<sub>2</sub>-kylsystem. Däremot skulle det kunna vara möjligt att med de korta avskrivningstider på investering, som var fallet tidigare, så är transkritiska CO<sub>2</sub> mest lönsamt för kombinerade system för livsmedelskyla och lokaluppvärmning. Idag, då räntorna är låga och det finns en glidning mot längre avskrivningstider för miljö- och energieffektiviseringsinvesteringar, kan troligen denna bild ha ändrats. Vad som gäller med CO<sub>2</sub>-system jämfört med andra möjliga system för befintliga butiker i Sverige, återstår att visa i något objektivt jämförande demonstrationsprojekt.

I befintliga lokaler där fossila bränslen eller fjärrvärme har använts för uppvärmning är värmeväxlare anpassade för stora temperaturdifferenser mellan framledningstemperatur till värmeväxlaren och omgivande inneluft. De beräkningar som redovisats, dels Vattenfalls studie inom Uppdrag 2000 som sedan även har benämnts STIL 1 [5] och dels från KTH [6][7] utgår från stora värmeväxlare. Båda dessa beräkningar visar att med ett behov av 30 - 35°C för uppvärmning av luft i ventilationssystemet är det mer ekonomiskt att arbeta med förhöjd kondensering i livsmedelskylsystemet. I detta demonstrationsprojekt består livsmedelsbutikens befintliga system för uppvärmning av lokalen av flera olika värmeväxlare anpassade för fjärrvärme och en högtemperatursystemlösning. Därför har värmepumpar, (som använder kondensatorvärmens i kylsystemet som värmekälla) installerats för att höja temperaturen på den nödvändiga energimängd som behövs för lokaluppvärmning i butiken. Dessutom gör värmepumpinstallationen det möjligt att förse bygganden med dess behov av varmt tappvatten.

## 2.1 Beskrivning av byggnaden och dess tekniska system

Den aktuella byggnaden i demonstrationsprojektet är gammal och har ett dåligt klimatskal. Detta påverkar behovet av värme för att värma upp byggnaden. Dessutom finns det i byggnaden en inglasad (växthuslikande) lokal för försäljning av växter. Denna lokal har ett sämre ventilationssystem än resten av byggnaden och har ren frånluft (där fläktarna sitter i väggen) utan värmeåtervinning av ventilationsluften. Därmed har byggnaden ett relativt stort värmebehov. Butiken har även ett relativt stort behov av tappvarmvatten, eftersom butiken har ett bageri, köttavdelning och ett kök för att producera färdigrätter i sin verksamhet.

Tappvarmvattenbehovet ligger på omkring 4 - 5 m<sup>3</sup>/dygn. Lokalen och tappvatten värms med fjärrvärme och värmeväxlare är anpassade för en högttemperaturlösning. Uppvärmning av bygganden sker främst genom att värma tilluften i ventilationssystemet, men butiken har även radiatorer, areotemperar och uppvärmda luftridåer installerade. Det högsta värmeeffektbehovet i butiken för lokaluppvärmning och värmning av tappvarmvatten ligger på ca 160 kW. Butiksytan har en area på ca 3000 m<sup>2</sup>.

## **2.2 Energiberäkningar av planerade åtgärder, kostnadsbedömningar, lönsamhetskalkyler**

Den tillgängliga värmen från värmekällan, d.v.s. det ombyggda kylsystemet, kommer att bero på det kylbehov som råder i kylsystemets diskar och lagerrum. Prioriteringen kommer vara att styra kylsystemet för att nå så låg driftskostnad som möjligt och värme till värmepumpen kommer bli ett resultat av denna styrstrategi. Värmepumpen installerades efter det att energieffektiviseringsåtgärderna var genomförda för kylsystemet [1]. Skulle värmen från kylsystemet inte räcka till för att täcka hela butikens värmebehov, är det möjligt att förse värmepumpen med kondensorvärme från någon av butikens andra kylsystem. Detta kräver en ny investering i bl.a. rördragning och cirkulationspumpar.

De faktorer som generellt påverkar elenergianvändningen i ett kylsystem är:

- Kondenseringstryck
- Förångningstryck
- Kylbehov
- För indirekta system kommer även de indirekta systemens pumpar att bidra till elanvändningen

De faktorer som generellt påverkar energianvändningen i ett uppvärmningssystem för livsmedelslokaler är:

- Klimatskal
- Utomhustemperatur
- Kylläckage från kyl- och frysdiskar och/eller kondensorvärme till lokalen från kyl- och frysinstallationer, som inte är kopplade till ett central kylsystem och maskinrum
- Interna laster; så som kunder, personal och spillvärme från eventuella lokaler för tillredning av mat som kräver upphettning
- Storlek på infiltration av uteluft; genom exempelvis entrédörrar och dörrar vid lastbryggor
- Konstruktion och skick på ventilationssystemet
- Storlek och temperatur på tilluften till bygganden

De faktorer som påverkar energianvändningen i ett system för värmning av tappvarmvatten allmänt är:

- Temperatur på tappvatten
- Behov av mängd tappvarmvatten
- Förmåga att ackumulera tappvatten

## 3 Genomförande

En värmepumpsanläggning installerades i befintlig butik i Borås, med syfte att värma både butiksbyggnaden och tappvarmvatten. Mätutrustning installerades på värmepumpsanläggningen för att kunna mäta utfallet av installationen. Värmepumpsinstallationen föregicks av en ombyggnation och energieffektivisering av ett av butikens fyra kylsystem, se kapitel 2. Denna del av projektet kallas kyldelen och beskrivs i en egen rapport [1]. Värmepumpsanläggningen kopplades till detta ombyggda kylsystem.

### 3.1 Planerade åtgärder i projekt

Fyra värmepumpsaggregat installerades i projektet. Valet stod mellan specialbeställda varvtalstyrda aggregat eller standardaggregat med on/off-styrning. Anledningen till att aggregat med varvtalstyrning måste specialbeställas, är att svenska värmepumpstillverkare ännu inte tillhandahåller standardaggregat med varvtalstyrning. On/off-reglering ger sämre verkningsgrad, bl.a. genom att de alltid ger full temperaturändring i värmeväxlare. En fördel med standardaggregaten är att de är provade i redan utförda installationer, medan specialbeställda aggregat inte har kontrollerats i andra utförda installationer och är svårare att sälja vidare. De värmepumpsaggregaten, som valdes i projekten var av standardutförande och av typen vätska/vatten. Med vätska/vattenvärmepump menas att det medium som förser värmepumpen med värme har en fryspunkt under 0°C och att det medium som lämnar värmepumpen, för att värma lokaler eller tappvarmvatten, är vatten. Propylenglykol valdes som medium för den vätska som förser värmepumpen med värme. Detta val gjordes då detta medium även används i kretsen för kylmedelkylaren. Den värme från kylsystemet som värmepumpsanläggningen inte behöver, kommer att kylas till uteluften via kylmedelkylaren. Värmepumpsanläggningen ska kunna värma 60-gradigt vatten till de värmeväxlare som behöver denna temperatur vid maximal last och till beredning av tappvarmvatten. Det medförde att aggregat med köldmedium R134a valdes för att uppfylla detta krav.

Följande installationer gjordes i butiken för att återvinna värme från ett kylsystem:

1. Fyra värmepumpsaggregat, vardera med värmekapaciteten 45 kW och on/off-styrning. En ackumulatortank installerades (mellan kylsystemet och värmepumpsanläggningen) för att tjäna som en buffert, då aggregaten var av typen on/off och inte kan gå på dellast. Ett nytt och eget maskinrum för värmepumpsanläggning gjordes i ordning.
2. Två ackumulatortankar, på 750 liter vardera, för värmevatten till lokaluppvärmningssystemet, för att ge on/off-aggregaten bättre gångtider.
3. Två varmvattenberedartankar för tappvarmvatten, på vardera på 750 liter (som laddas med värmevatten från värmepumpsanläggningen). Tankarna är av typen där tappvarmvattenet går genom en slinga i tanken, som omges av värmevattnet från värmepumpen. Utförandet gjordes för att tappvattnet inte ska bli stillastående i tanken och därmed minska risken för legionella.
4. Rödrugning för att koppla ihop kylsystemet och värmepumpssystemet.
5. Anpassning av styrsystem för att klara samarbetet mellan kyla, värme och ventilation.

#### 3.1.1 Värmeåtervinning, tappvattenvärmning och lokaluppvärmning

Det är endast det ombyggda kylsystemet som hittills är kopplat till värmepumpsanläggningen. Butiken har fyra olika maskinrum för livsmedelskyla. Ett maskinrum har redan värmeåtervinning, där metoden är att höja kondenseringstycket för att kunna nyttiggöra värmen från kylsystemet. Det ombyggda kylsystemet (som har energieffektiviserats genom en rad åtgärder) är kopplat till ett annat maskinrum [1]. Det finns alltså i butiken ytterligare två

maskinrum för livsmedelskyla att koppla till värmepumpsanläggning, om ytterligare värme behövs.

Värmepumpen projekterades för att täcka hela butiklokalens behov av lokaluppvärmning och tappvarmvatten. Butiken har ett varmvattenbehov på 4 - 5 m<sup>3</sup> varmvatten per dygn, där behovet är ganska jämt fördelat under butikens öppettider. Värmepumpen ackumulerar 60°C varmvatten i två standardiserade tappvarmvattenberedare med en total volym av 1500 liter. Värmepumpen prioriterar att värma tappvarmvatten och värmer byggnaden då tappvattenvärmning är tillgodosedd. Två standardiserade ackumulatortankar för lokaluppvärmning med en total volym av 1500 liter kopplades till värmepumpen.

Om värme från kylsystemet inte räcker för att tillgodose butikens behov av uppvärmning av lokal och tappvarmvatten, kommer fjärrvärmens gå in för att täcka upp behovet.

### **3.1.2 Eleffekt**

Butiken har sommartid problem med abonnerad eleffekt, då behovet av eleffekt kan överstiga den abonnerade maxeffekten. Det är kostsamt att överstiga den abonnerade maxeffekt som står i kontraktet med elleverantören. Att eleffekten överstigs beror på det stora behov av kyla vid varma utomhustemperaturer, som främst uppstår varma somardagar. Den nya värmepumpen kommer att kunna ackumulera hela varmvattenbehovet nattetid och eleffektbehovet dagtid kommer därför att minska. Dessutom har det åtgärdade kylsystemet lägre kylbehov, vilket kräver mindre elenergi för att driva kylaggregaten. Trots det minskade behovet av elenergi bör varmvatten ackumuleras nattetid, då det kan komma att minska behovet av abonnerad effekt.

### **3.1.3 Styrning**

Värmepumpsaggregaten leverades med inbyggt styrsystem, som användes för styrning av värmepumpssystemet. Kylsystemet har ett eget styrsystem, som under projekttiden inte sammankopplades med styrning för värmeåtervinning med värmepumpsanläggningen. Inte heller styrning av fjärrvärmesystemet var kopplad till övriga styrsystem, vilket innebär att varken kylsystemet, värmepumpsanläggningen eller fjärrvärmesystemet kan kommunicera med varandra. Sådan kommunikation behövs för att nyttja hela den möjliga energieffektiviseringspotential installationen av värmeåtervinningen bär med sig.

Styrstrategi under projekteringen var att styra mot så låga driftskostnader som möjligt för kylsystemet för livsmedelskyla. Tillgänglig värme för värmeåtervinningen med värmepump bestäms av det kylbehov som råder i livsmedelskylsystemet. Kylsystemets kylmedel styrs så att temperaturen aldrig ger en lägre kondensering i kylsystemet, än vad detta är anpassat för. Den värmemängd som inte behövs kommer då ackumulatortankarna är laddade att dumpas i kylmedelkylaren.

Kylmedelkylaren och värmepumparna styrdes efter installation av värmepumpsanläggningen så att de inte skulle "kollidera" och att inte värme (som kan användas i värmepumpen) dumpas i kylmedelkylarna i onödan. Men styrningen av kylmedelkylare och värmepumparna har gjorts med onödigt stora temperaturdifferenser. Värmepumpsaggregaten har stört ner kylmedelstemperaturen till 12°C. Kylmedlet är det medium som tar upp värme i kylsystemets kondensorer och för bort den för kylning på annan plats (kylmedelkylare eller värmepumpsaggregaten). Om inte all värme används av värmepumpssystemet, kommer kylmedeltemperaturen att stiga till kylmedelkylarens börvärde 20°C. Det senare leder då till att när all värme återvinns och används av värmepumpssystemet, går kylaggregaten med lägsta tillåtna kondensering på 15°C. När sedan inte all värme behövs för lokaluppvärmning och tappvarmvatten kommer kondenseringstemperaturen i kylaggregaten att stiga upp mot 22 - 23°C. Detta ger en onödigt hög driftkostnad för kylaggregaten, ca 15 - 20 % högre än om kondenseringstemperaturen är 15°C istället.



I projektet ingick en del som är avsatt för att trimma in anläggningen genom att justera inställningar. Detta är en viktig del som ofta förbises i installationsprojekt. Arbetet med styrsystemen och injusteringar pågår och kommer pågå ytterligare ett år för att få med alla variationer i drift och laster.

### 3.2 Organisation – medverkan i projekt

Projektet kan delas in i två delvis åtskilda delar, kallade *kyldelen* respektive *värmepumpsdelen*, med en installations- och en mätdel i varje. Att dela in projektet i dessa två delar beror delvis på att installationsdelen är och ska vara en fullt kommersiell installation. Därmed får köparen, här City Sparköp i Borås, möjligheten att helt besluta utifrån kommersiella villkor. Detta garanterar att om de beräknade data för investering och driftkostnader infrias, kan samma beslut antas vara möjliga i fler butiker i Sverige.

City Sparköps ägare Håkan Ahlin och Thomas Englund är båda deltagare i BeLivs Beställargrupp. Från City Sparköp har ägarna deltagit i formuleringen, beslutet och under genomförandet har butikschefen Håkan Englund varit beställarens projektledare.

Leverantör och sammanhållande för hela det kommersiella projektet har varit Henrik Julander från Elektrokyl AB i Borås.

I det kommersiella projektet har även Lennart Rolfman på SP deltagit som bollplank och teknisk rådgivare.

Mätdelen har varit ett sidoprojekt, med syftet att verifiera beräknade energivinster genom mätningar. I detta har SP deltagit med Caroline Markusson för kyldelen och Johan Björkman för värmepumpsdelen. Dessutom har Kristin Larsson utfört större delen av analyserna i värmepumpsdelen och Martin Borgqvist och Peter Karlsson för kyldelen. Även här har Lennart Rolfman deltagit som teknikstöd.

**Kyldelen** omfattade ändringen av diskar, kylrum, maskinrum och kylmedelkylare, se referens [1].

**Värmepumpsdelen** omfattade nödvändig rördragning, nytt maskinrum, värmepumpar och ackumulatörer och beskrivs i en denna rapport.

### 3.3 Tidsplan

Projektet omfattade tid för projektformulering, beslut och genomförande. Det ska i efterhand poängteras att projektformulering och intrimning/igångkörning, som är två steg som ofta går alldeles för fort, har fått ta den tid som har behövts i detta projekt.

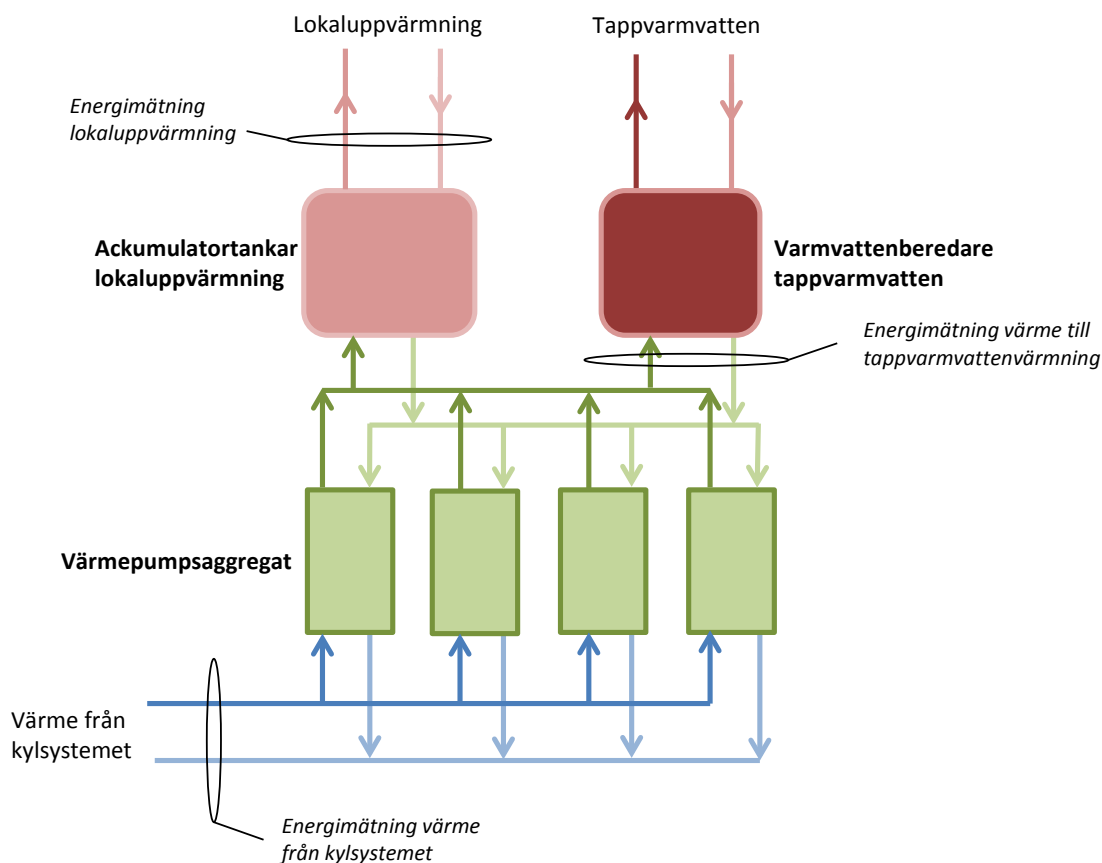
Projektformulering var i det här, för branschen annorlunda projektet, en väldigt väsentlig fas. Tidsmässigt kan den sägas ha varat under > 6 månader, från BeLivs start 2012 till hösten 2012. Under tiden har även ett beslut om energieffektiviseringsåtgärder vuxit fram. Själva projektinnehållet har sedan formulerats tillsammans med en projektorganisation, där även senare sammanhållande företag för installationerna deltog. I genomförandet tillkom leverantörer av värmepumpsaggregat, entreprenörer för ombyggnad, rör, el och styrsystem.

Av resursskäl genomfördes först ändringar i kylsystemet och sedan värmepumpsdelen, som var avsedd att vara klar till värmesäsongen 2013. Värmepumpen beställdes först när åtgärder för att energieffektivisera kylsystemet var utfört. Värmepumpsaggregaten installerades i början av oktober 2013 och justerades in under november och december 2013. Intrimning av styrsystem är något som generellt ges för lite uppmärksamhet i denna typ av projekt, men i detta ska fortgå 2014 ut.

## 4 Mätningar

Mätutrustning sattes upp vid installationen av värmepumpsaggregaten, se Figur 1. Mätutrustning sattes upp för att beräkna värmemängder till och från värmepumpsanläggningen samt den el som värmepumpsaggregaten använder. De värmemängder som mättes och redovisas i detta kapitel är:

- Värme levererad från kylsystemet till värmepumpsanläggningen
- Värme levererad från värmepumpsanläggningen till systemet för lokaluppvärmning
- Värme levererad från värmepumpsaggregaten till varmvattenberedaren för tappvarmvatten



Figur 1. Schematisk bild över värmepumpsanläggningen och placering av utrustning för energimätning av värmemängder.

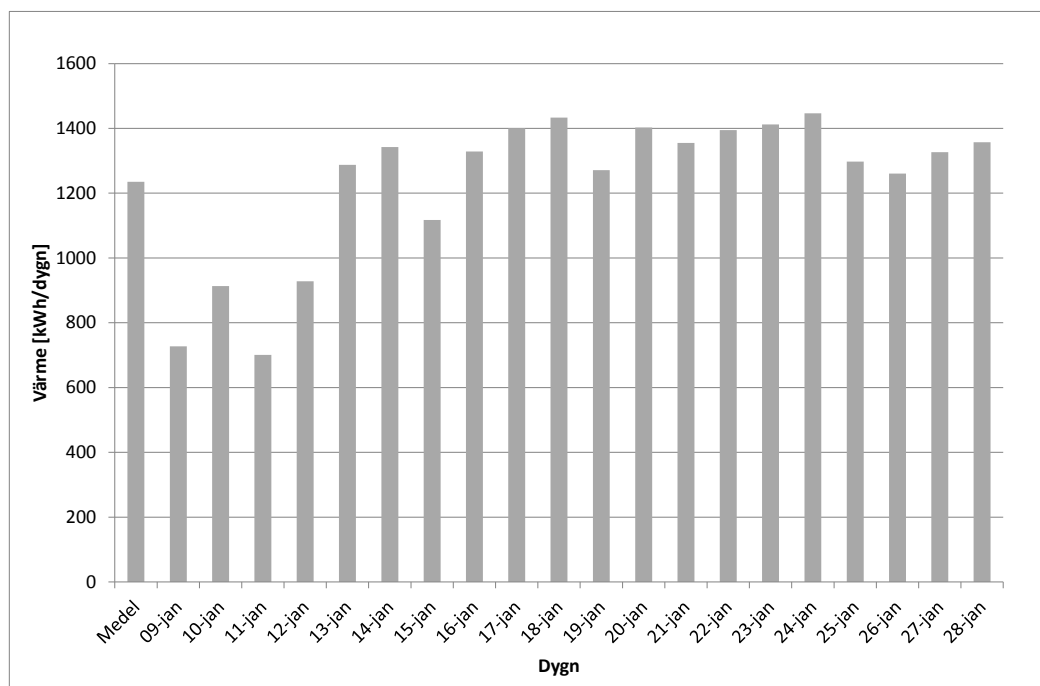
En elmätare installerades på respektive värmepumpsaggregat för att mäta den elenergi som de fyra olika aggregaten använder. För utförligare information av mätutrustningen, se bilaga A. För respektive värmemängdsmätning installerades en flödesmätare samt en temperaturgivare på framledning från värmepumpsaggregaten och en på returledningen till värmepumpsaggregaten. Mätssystemet gjorde värmemängdsberäkningar på dessa mätningar, för beräkningar se bilaga B.

Mätningar av värmepumpsanläggningen kom igång i slutet av december 2013 och inom projektiden finns två veckors utförda mätningar. Denna rapport presenterar mätningar för värmepumpsanläggningen gjorda under tidsperioden 2014-01-09 till 2014-01-28.

## 4.1 Värmeenergi från det ombyggda kylsystemet

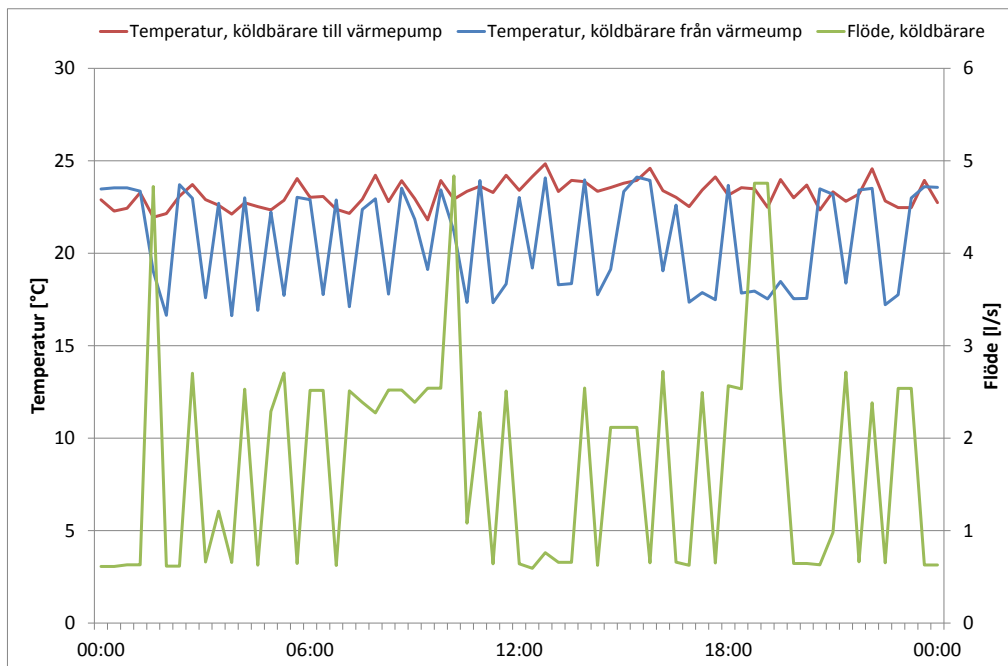
Kylbehovet i det ombyggda kylsystemet är avgörande för hur mycket värme som kommer kylas bort från kylställena (kyldiskar och kylagerrum kopplade till kylsystemet). Kylbehovet kommer därför att avgöra vilken värme som finns tillgänglig som värmekälla för värmepumpsanläggningen. Behovet av kyleffekt i det ombyggda kylsystemet halverades efter åtgärderna **Fel! Hittar inte referenskälla.**

Dygnsvärden för värmeenergi till värmepumpen från kylsystemet presenteras i Figur 2. Dygnsmedelvärdet för värmeenergi levererad från kylsystemet till värmepumpsanläggningen under mätperioden var ca 1230 kWh/dygn.



Figur 2. Dygnsvärden för värmeenergi från kylsystemet till värmepumpsanläggningen under mätperioden.

Temperaturerna och flödet för köldbärare, som överför värmen från kylsystemet till värmepumpen, beskriver hur värmepumpsanläggningen arbetar och kallar på värme. Figur 3 presenterar värmepumpsdriften under ett dygn under mätperioden.



Figur 3. *Temperaturer och flöde för köldbäraren, d.v.s. värmeöverföringsmediet mellan kylsystemet och värmepumpsanläggningen, under ett dygn under mätperioden.*

Figur 3 påvisar två saker:

1. Värmepumpen startar och stoppar ofta. Varje sänkning av köldbärartemperatur ut från värmepumpsanläggning indikerar att den startar och varje höjning att den stannar. On/off-reglering gör att värmepumpsaggregaten enbart kan ge maxeffekt eller ingen effekt alls. Den enda dellastfunktion värmepumpsanläggningen har är att den kan avgöra hur många aggregat som ska igång samtidigt. Genom att installera ackumulatortankar (som är gjort i projektet) får värmepumpsanläggningen längre gångtider, då den laddar värme mot en större vattenvolym. Värmepumpsanläggningen startade och stoppade ändå ofta under mätperioden.
2. Utgående köldbärartemperatur var inställd på att sänkas till 15°C, men figuren visar att den sänktes som lägst till knappt 17°C. Mätutrustningen som data i Figur 3 bygger på var kalibrerad med en uppskattad mätosäkerhet på 0,3°C. Styrande temperaturgivare i värmepumpsanläggningen var inte kalibrerade innan de installerades. Det är viktigt att man vet hur mycket de temperaturgivare som styr och övervakar driften avviker från verkligt värde för att få önskad styrning. Överlag kalibreras eller verifieras inte sådana temperaturgivare, varken innan de sätts in i anläggningarna eller under driften. Fel på temperaturgivare uppmärksammas generellt endast om de ger orimliga värden eller inga värden alls.

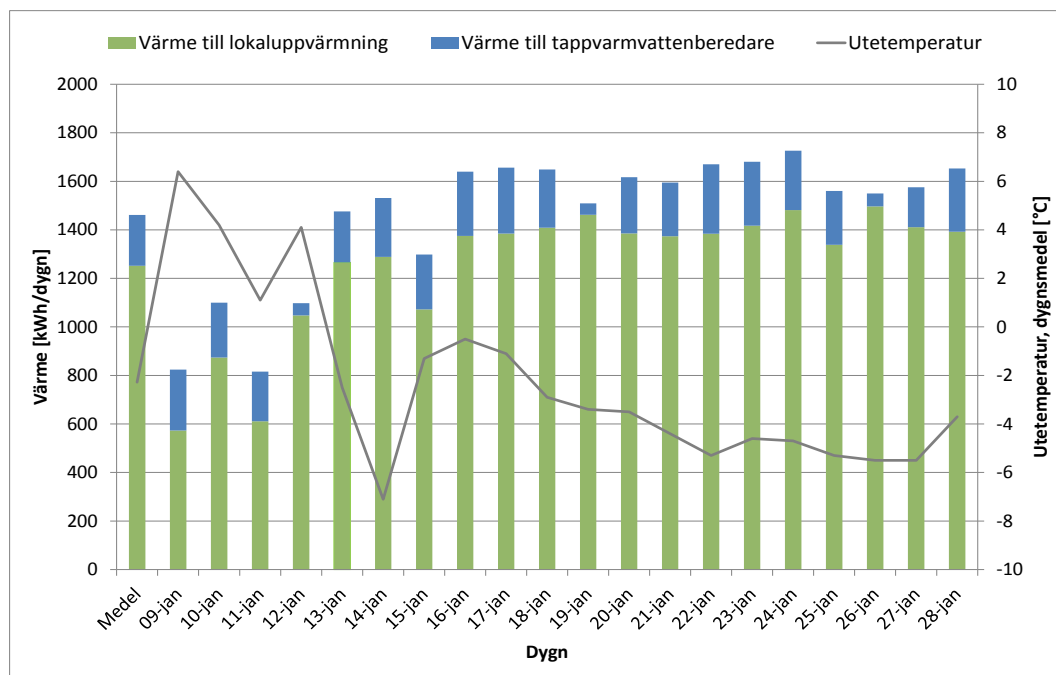
## 4.2 Elenergi till och värmeenergi från värmepumpsanläggningen

De energimängder som levereras till värmepumpsanläggningen är värmen från värmekällan (d.v.s. det ombyggda kylsystemet) samt el för att driva värmepumpsaggregaten. Kompressorn lyfter temperaturen för den värme som kommer från värmekällan till en högre temperatur för att kunna levereras till en värmesänka. Värmepumpen lyfter temperaturen genom att kompressorer trycksätter ett köldmedium inne i värmepumpsaggregaten. I detta fall var värmesänkorna, d.v.s. de sänkor som värmepumpen avger värmeenergi till, systemen för lokaluppvärmning respektive tappvarmvattenvärmning. Mätdata för

värmekällan presenteras i 4.1. Elenergi och värme till värmesänkorna presenteras i detta avsnitt.

#### 4.2.1 Värmeenergi till lokaluppvärmning och tappvarmvattenberedning

Figur 4 visar dygnsvärden för den värmeenergi som värmepumpsanläggningen levererar för att värma upp butikslokalen och för att värma varmvattenberedarna. Dygnsmedelvärdet för värmeenergi levererad från värmepumpsanläggningen till lokaluppvärmningssystemet under mätperioden var ca 1250 kWh/dygn. Dygnsmedelvärdet för värmeenergi levererad från värmepumpsanläggningen till tappvarmvattenberedaren under mätperioden var ca 200 kWh/dygn.

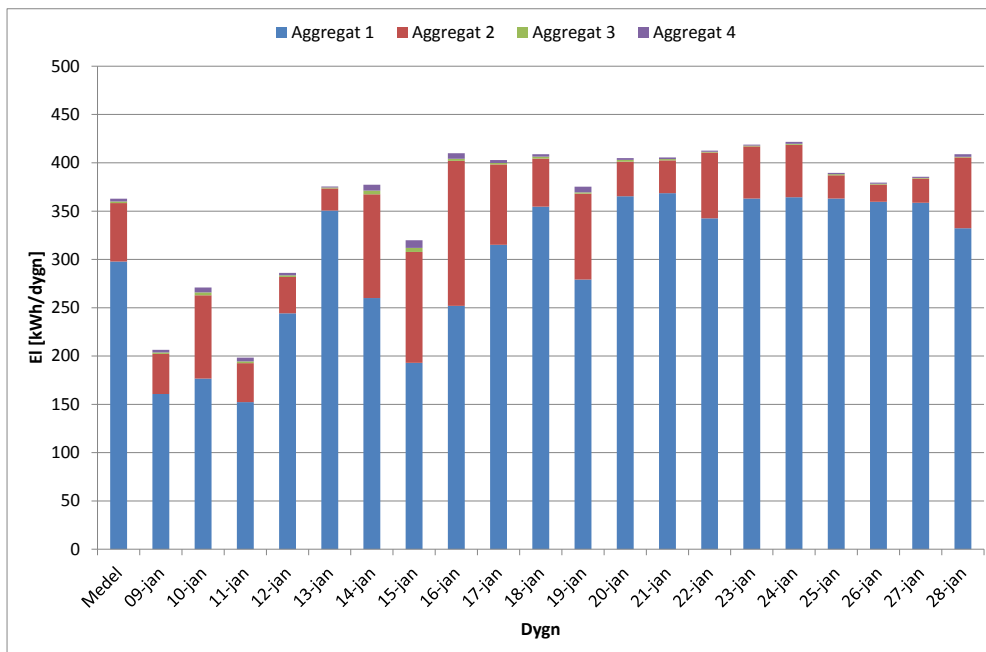


Figur 4. Dygnsvärden för värmeenergi levererade från värmepumpsanläggningen samt utomhustemperatur under mätperioden.

I medelvärde levererade den installerade värmepumpsanläggningen 1450 kWh/dygn under mätperioden. Utomhustemperaturen dessa två januariveckor varierade mellan ca -7°C och 7°C och hade ett medelvärde på omkring -2°C under mätperioden.

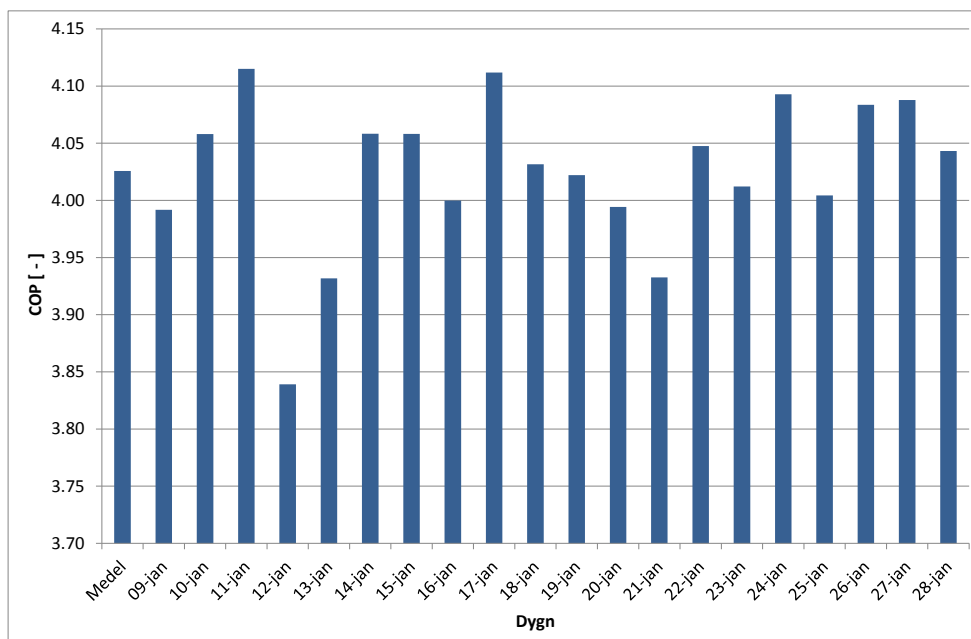
#### 4.2.2 Elenergi till värmepumpsanläggningen

Figur 5 visar den elenergi som de fyra olika värmepumpsaggregaten använde per dygn under mätperioden. I snitt använde aggregaten tillsammans ca 360 kWh/dygn.



Figur 5. Dygnsvärden för den elenergi som användes för att driva de fyra värmepumpsaggregaten under mätperioden.

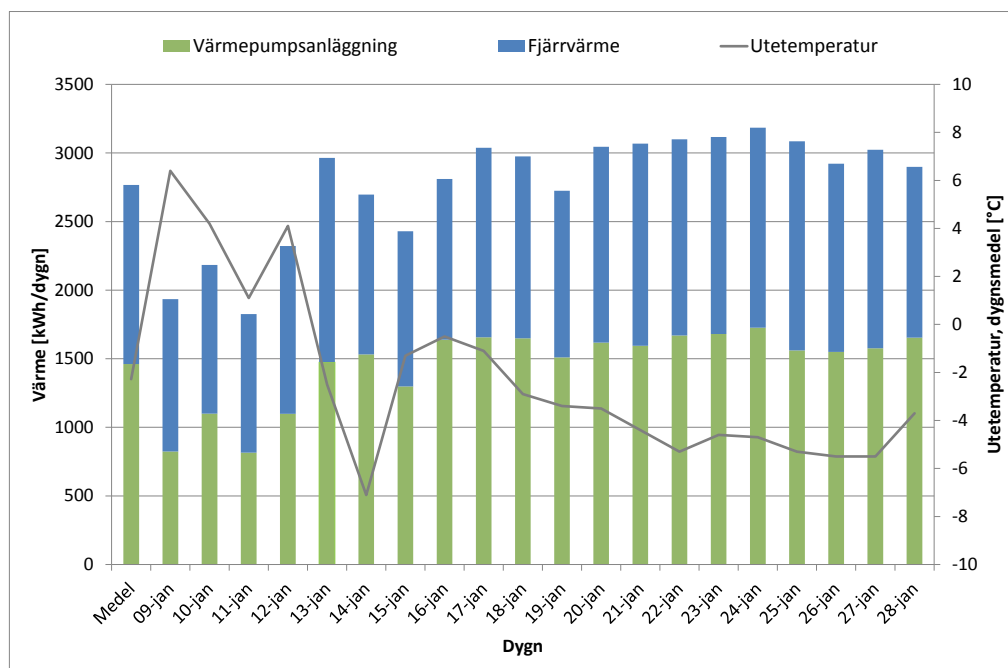
Figur 5 visar att det var framförallt aggregat 1 och aggregat 2 som var i drift under mätperioden. Figur 6 visar värmepumpsanläggningens verkningsgrad, COP (coefficient of performance), d.v.s. avgiven värmeenergi dividerat med använd elenergi. I snitt låg värmepumpsanläggningens COP-värde på 4.



Figur 6. Dygnsvärden för värmepumpsanläggningens COP under mätperioden.

### 4.3 Värmepumpsanläggningens täckningsgrad

Figur 7 visar hur stor del av värmebehovet för lokaluppvärmning och tappvarmvattenberedning som värmepumpen täcker. Fjärrvärmen ska ta gå in och värma, då värmepumpsanläggningen inte klarar hela värmebehovet. Enligt Figur 7 är behovet av fjärrvärme inte beroende utomhustemperatur under tiden för mätningen och värmepumpsanläggningen täcker ungefär 50 % av värmebehovet.



Figur 7. Värme från värmepumpsanläggningen respektive fjärrvärmen, för att värma butiken och tappvarmvatten under mätperioden.

Anledningen till att fjärrvärme täcker ca 50 % av värmebehovet, som inte är relaterat till varken utetemperatur eller värmebehov, kan bara vara fel i driften av systemen.

Det visade sig att ventilen för fjärrvärme till butiken stod öppen, eller delvis öppen, även om övervakningssystemet visade att den var stängd. Detta medförde att under den första tiden efter som värmepumpsinstallationen, så nyttjades inte värmen från kylsystemet fullt ut. Värmepumpsanläggningen täckte endast upp det värmebehov som fjärrvärmen inte levererade, istället för tvärtom som det var tänkt. Under denna period, då fjärrvärmeventilen läckte värme, utfördes mätningarna som resultatet i projektet bygger på. Ventilen åtgärdades efter mätperioden och enligt kontakt med butiken har deras fjärrvärmeanvändning i mars månad gått ner mot noll, vilket tyder på att värmen från kylsystemet tillsammans med värmepumpsanläggningen nu används fullt ut. Felet i fjärrvärmeventilen innebar också att den verkliga begränsningen av hur mycket av butikens värmebehov som återvinningen med värmepumpsanläggningen kan täcka, inte gick att bestämma.

Inledningsvis, då värmepumpsanläggningen installerades, visade mätdata att kylmedelkylarens (KMK) fläktar arbetade, d.v.s. värme från kylsystemet kylades bort med uteluft i stället för att återvinna värmen med hjälp av värmepumpsanläggningen. Värme som kunde ha används till uppvärmning av lokal och tappvarmvatten kylades bort i onödan, samtidigt som fjärrvärme köptes in för att täcka butikens värmebehov. Det är oklart hur mycket värme som kylades bort i KMK:n, då det inte finns någon mätning på denna värme. Det går därför inte att säga om värmepumpsanläggningen skulle kunna ha täckt hela lokalens värmebehov under mätperioden.

Detta påvisar tydligt nödvändigheten av att styrningen för alla system samordnas och vikten av att underhåll görs, där översyn av systemen både gällande mätning och gällande inställningar är en del. Utblivet underhåll ger stor känslighet, då små fel i systemen och styrningen kan leda till stora ökningar av driftskostnader.

#### **4.4 Mätosäkerhet**

En värmebalans gjordes över värmepumpssystemet för att uppskatta värmeförluster och utvärdera att mätsystemet gav rimliga värden. Värmebalans gjordes genom att uppskatta skillnad på värme in till och ut från värmepumpsanläggningen. Resultatet visade på en skillnad i storleksordningen 8 - 10 % mellan värme in och ut från systemgränsen, d.v.s. värme in till värmepumpssystemet samt värme ut till lokaluppvärmningssystemet och ut till tappvarmvattenberedarna, se Figur 1. Inom denna storleksordning ligger mätnoggrannheten på energimätningarna i studien.

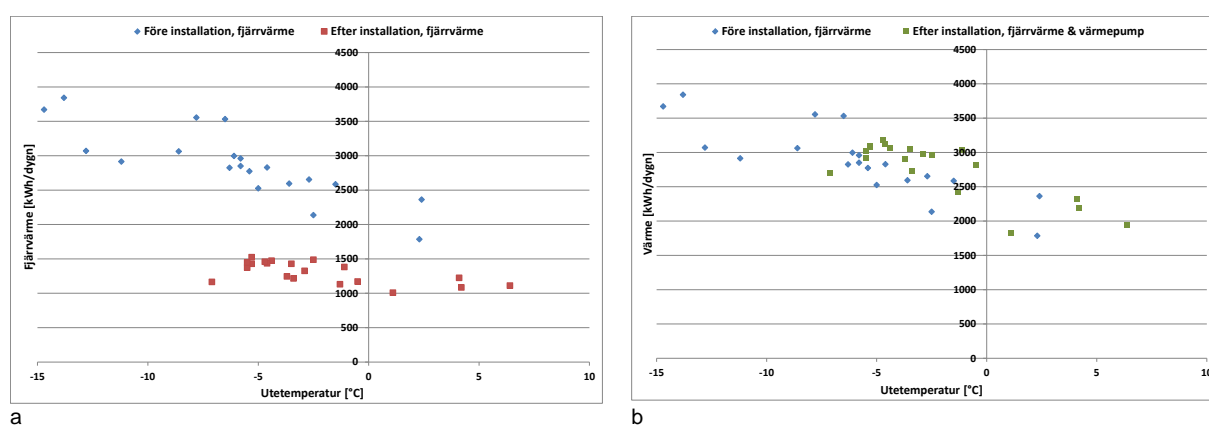


## 5 Resultat

Installationen av värmepumpsanläggningen möjliggjorde värmeåtervinning av värmen från kylsystemet, för att minska behovet av köpt fjärrvärme. Värmepumpsanläggningen kräver dock el för att drivas. Den ekonomiska vinsten av att installera en värmepump är minskade driftskostnader för att värma upp butikslokalen och tappvarmvatten efter det att investeringen är återbetalad.

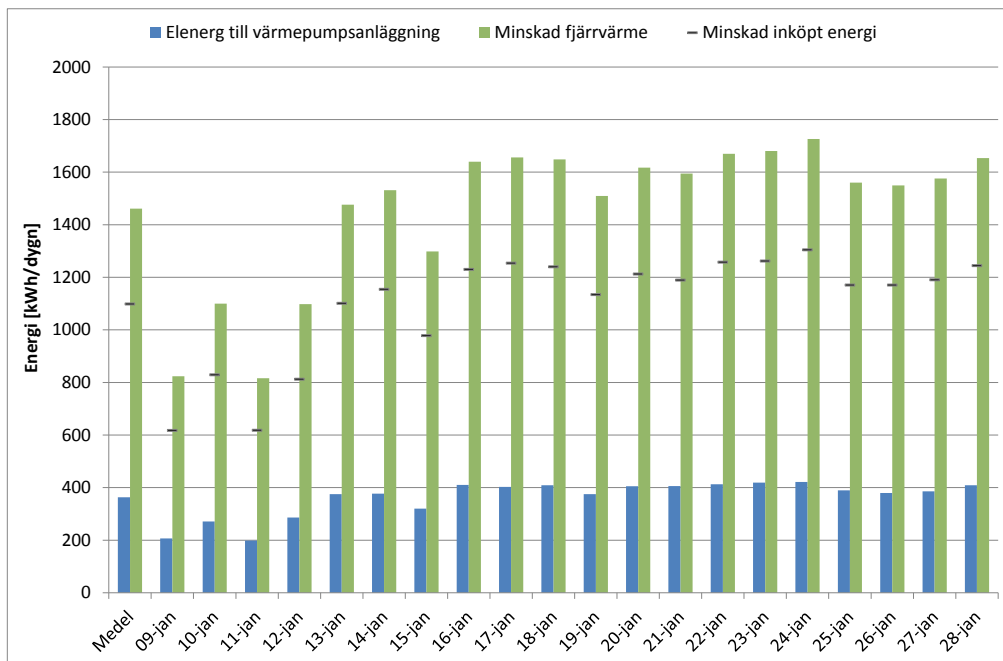
### 5.1 Energieffektiviseringspotential – uppmätt

Figur 8 visar sänkning av inköpt fjärrvärme för värmning av lokaler och tappvarmvatten under mätperioden i januari 2014, jämfört med fjärrvärmebehov för samma period under 2013. Figuren visar att fjärrvärmehovet har minskat med ca 1000 kWh/dygn (se fjärrvärmevärden för utomhustemperatur  $-5^{\circ}\text{C}$  till  $0^{\circ}\text{C}$  i Figur 8a) efter installationen av värmepumpsanläggningen. Figur 8b visar även att butikens värmebehov för lokaluppvärmning och tappvarmvattenvärmning relaterat till utomhustemperatur är likvärdig mellan januari 2013 och januari 2014.



Figur 8. a) Inköpt fjärrvärme före och efter installationen av värmepumpsanläggningen samt b) Värme till lokaluppvärmning och tappvarmvattenberedning före och efter installationen. (Före motsvarar perioden 2013-01-09 till 2013-01-28 och efter perioden 2014-01-09 till 2014-01-28.)

Figur 9 visar ändringar av energibehov för uppvärmning i butik efter värmepumpsinstallationen. Figuren visar att värmepumpsanläggningen ersätter fjärrvärme med omkring 800 - 1400 kWh per dygn och har ett elbehov mellan 200 - 400 kWh per dygn. Minskat energibehov som följd av värmepumpsinstallationen ligger mellan 600 - 1000 kWh/dygn. Utomhustemperaturen var under mätperioden i medel  $-2^{\circ}\text{C}$ , med en maxtemperatur på ca  $7^{\circ}\text{C}$  och en mintemperatur på ca  $-7^{\circ}\text{C}$ .

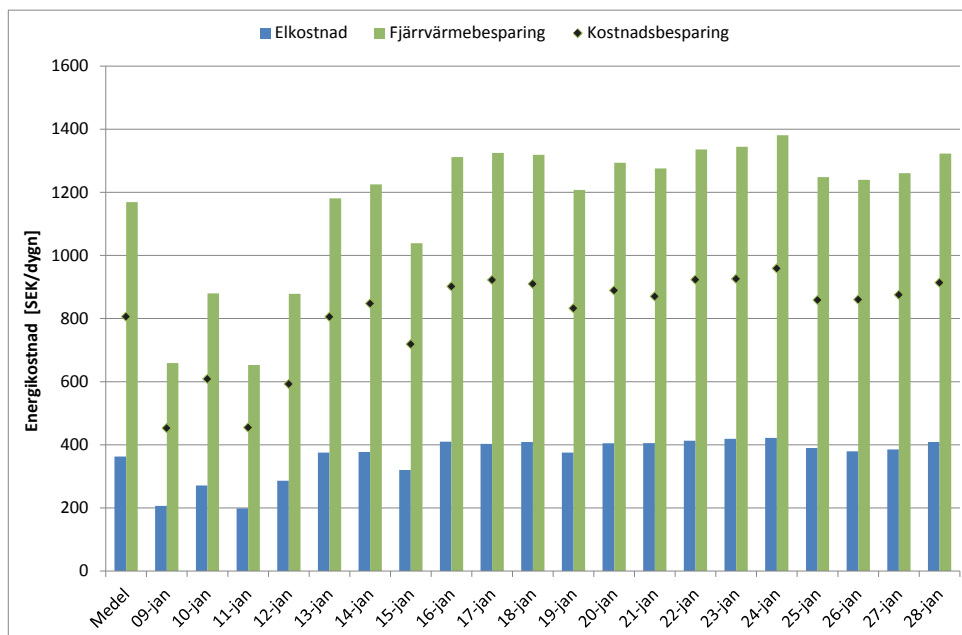


Figur 9. *Dygnsvärden för elenergi för att driva värmepumpsanläggningen (ökat elbehov) samt värmeenergi som värmepumpen ger butikens uppvärmningssystem (minskat inköpt värmebehov).*

Dessa mätdata representerar endast en begränsad period på 20 dagar. För att redovisa utfallet på ett år gällande sänkning av inköpt energi för butiken krävs mätning under ett år.

## 5.2 Kostnadsbesparing – uppskattning

Figur 10 visar minskade omkostnader för energi under mätperioden om fjärrvärmepriset antas vara 0,80 SEK/kWh och elpriset vara 1,00 SEK/kWh. Uppskattningen visar på att besparing i inköpt energi per dygn under mätperioden var mellan 400 - 900 SEK. Utomhustemperaturen var under mätperioden i medel -2°C, med en maxtemperatur på ca 7°C och en mintemperatur på ca -7°C.



Figur 10. *Besparing i energikostnad per dygn för värmeåtervinning med värmepumpsanläggningen under mätperioden.*

Figur 10 visar endast en kort period på ca två veckor under årets 52 veckor. Under denna mätperiod var utomhustemperaturen under Borås medelvärde på 6°C. Årlig möjlig besparing beror på värmebehovet som är beroende av utomhustemperaturen, den mängd värme som värmepumpsanläggningen kan avge och kostnader för de olika energislagen.

## 6 Slutsatser

Återanvändning av värme, s.k. värmeåtervinning, från livsmedelskylanläggningar är oftast lönsamt. I detta demonstrationsprojekt installerades en värmepumpsanläggning för att återvinna värme från ett kylsystem i en befintlig livsmedelsbutik för att värma butikslokalen och tappvarmvatten. Omräkning till total årsenergivinst kan enbart bli en skattning i detta projekt, eftersom verkliga mätningar under ett helt år före och ett helt år efter värmeåtervinningsinstallationen, inte har kunnat genomföras inom projektiden. Utgångspunkten i ett års totalinköp av fjärrvärme kopplat till en uppfattning om hur långt ner i utetemperatur som den nu befintliga installationen räcker till, bör ge en bra uppskattning. Att anta ett COP på 4 är lågt med de mätningar som redovisats.

Före installationen av värmepumpsanläggningen köpte butiken ca 600 MWh fjärrvärme per år. Om behovet av fjärrvärme efter installationen går ner till 100 MWh/år skulle vinsten åtminstone kunna skattas till (med ansatt elpris på 1000 kr/MWh och fjärrvärmepris på 800 kr/MWh) till:

$$\begin{aligned} & \left( \text{Fjärrvärmeenergi per år}_{\text{före vp-installation}} - \text{Fjärrvärme per år}_{\text{efter vp-installation}} \right) \\ & \times \left( \text{Fjärrvärmepris} - \frac{\text{Elpris}}{\text{COP}_{\text{värmepumpsanläggning}}} \right) \left[ \frac{\text{kr}}{\text{år}} \right] = \\ & = (600 - 100) \left[ \frac{\text{MWh}}{\text{år}} \right] \times \left( 800 - \frac{1000}{4} \right) \left[ \frac{\text{kr}}{\text{MWh}} \right] = \\ & = 275\,000 \text{ kr/år} \end{aligned}$$

Detta gäller med en fast kostnad per MWh för energislagen. Nu ser inte fjärrvärmeförbrukningen och eltaxan inte ut på det här sättet, då det finns både en fast och rörlig avgift.

När inte hela värmeflödet från kylsystemet behövs för uppvärmning, går överskottet av värmen ut till omgivningen. Att detta ska kunna ske utan extra förhöjning av kylmedelstemperaturen för att kunna separera värmepumpsanläggningen och kylmedelkylaren från varandra, undersöks nu i styrsystemen. Kravet är att ingen värme som behövs för uppvärmning ska gå ut till omgivningen. Med andra ord ska ingen fjärrvärme köpas in samtidigt som värme från kylsystemet kyls med uteluft i kylmedelkylaren.

Mätningarna och beräkningarna tar inte hänsyn till den minskade utkylningen av butikslokalen, då dörrar har satts på kyldiskar. Utkylningen, d.v.s. den kyla som läcker ut ur diskarna, hindras av dörrarna vilket leder till minskat behov av uppvärmning av lokalen för att kompensera utkylningen. Någon minskad uppvärmning under vintern vid en jämförelse mellan 2013 och 2014 har inte kunnat konstateras. Innetemperaturen i den aktuella lokalen har blivit varmare enligt de mätningar som utförts i projektets kyldel **Fel! Hittar inte referenskälla..** I andra butiker kan denna påverkan komma att bli tydligare.

Behov av ett överordnat styrsystem, som samordnar t.ex. värmepumpens sänkning av kylmedeltemperaturen och kylmedelkylarens dumpning av överskottsvärme är väldigt viktigt. Kompressorernas krav på lägsta kondenseringsstryck måste även det säkerställas av värmepumpstyrningen. Värmepumpsanläggningen var inte helt intrimmad under mätperioden, utan intrimningen kommer att pågå resten av året för att vara säkert i alla driftsfall.

Värmepumpsaggregaten som installerades hade on/off-reglering och sådan reglering har egentligen tre nackdelar. Nackdelarna är:

1. Vid varje start måste drifttiden vara tillräckligt lång för att skapa jämvikt i kompressorns oljesystem och hinna få balans i interna temperaturer. Täta starter kan slita ut delar av maskineriet i förtid.
2. On/off-drift innebär att kompressorn går med full effekt eller inte alls. Därmed kommer det alltid vara fulla temperaturdifferenser i alla värmeväxlare vid kompressordrift. Med

drift vid lägre köldmedieflöden (som uppstår vid dellast med frekvensomformare) blir vinsten i differenser större än förlusten av energi i frekvensomformaren.

3. Digital styrning av on/off ger pendlingar i systemet, som kan vara svåra att absorbera och förhindra ineffektiv drift i andra delar av systemet.

Fördelen med on/off-reglering var tidigare lägre investeringskostnader, men kan idag vara ett historiskt argument på grund av kraven på installation av buffertvolym (ackumulatortankar) för att öka drifttiderna. Genom att ladda värme till ackumulatortankar (en större systemvolym av värmevatten) istället för att enbart tillgodose momentana värmebehov i lokalen (utan ackumulatortankar och mindre systemvolym) ökar tiden värmepumps-aggregaten är i drift varje gång de startar.

Vid jämförelser mellan projektets mätgivare och den ordinarie styrningens givare, inses att det troligen är vanligt med onödigt höga temperaturer i systemen. I projektet finns insticksgivare som är välkalibrerade. I styrsystemet användes utanpåliggande okalibrerade givare. Blir det kallt kommer börvärden att justeras upp, men är det för varma framledningstemperaturer är systemen och driftspersonalen nöjda. Man ska komma ihåg att varje extra °C utgående framledningstemperatur från värmepumpen (egentligen kompressorns kondenseringstryck) betyder upp mot 3 % extra elenergibehov för att driva kompressorerna. Om inte den totala värmemängden kräver den här elvärmen från värmepumpens kompressormotor är detta en reell förlust. I projektet har en verklig framledningstemperatur på över 2°C än inställt värde kunnat observeras. Detta är säkert inte ovanligt förekommande för denna typ av utrustning.

## 7 Rekommendationer och fortsatt arbete

Användning av livsmedelskylanläggningens värme i butiker är alltid något som skall studeras. Alla butiker i Sverige kan klara sig i regel med denna värmekälla som uppvärmning och oftast utan annan värmekälla som tillsats, vid det maximala värmebehovet. Risken att kylanläggningen i en butik faller ifrån är väldigt liten. Det påståendet är baserat på den stora kostnad det skulle innebära i en butik, om livsmedelskylan helt är borta tillräckligt länge för att ge skadlig inverkan på byggnaden med farligt låga temperaturer. Livsmedel börjar bli dåliga (med början av förstörd glass i frysdiskarna) långt innan dess att byggnaden skadas vid ett bortfall av kylanläggningen. Dessutom finns det larm på kylsystemet kopplade för mottagning dygnet runt som uppmärksammar om kylsystemets drift stannar.

Hur återanvändningen av värmen tekniskt ska göras måste studeras för varje enskild butik. Finns det många uppvärmningsanordningar, som kräver höga framledningstemperaturer kan alternativ med värmepump vara det mest ekonomiska alternativet. Med sådana anordningar måste värmeväxlare byggas om, om värmeåtervinning ska ske genom att höja kondenseringen i kylsystemet. Teoretiskt finns det en ombyggnadsnivå för värmeväxlare, som balanserar kostnaden för en installation av en värmepumpsanläggning. Oberoende av val av återvinningssystem måste hela butikens styrsystem studeras i detalj och troligen förändras. Det kan vara värt att notera att de olika styrsystemen (för t.ex. kylsystem, ventilation, värmekälla) och i butiker ofta har både olika leverantörer och sköts av olika serviceföretag. Det är inte vanligt att dessa företag kan något om de andra områdena.

En total LCC-analys (livscykelkostnad) för att jämföra värmeåtervinning med ett CO<sub>2</sub> transkritiskt system mot alternativet med ett traditionellt kylsystem och värmepump, är intressant för alla de butiker i Sverige som ännu inte har gjort något för att återvinna värme.

I en nära framtid måste standardvärmepumpar med varvtalsstyrning finnas att tillgå. Hur deras verkliga driftsekonomi då är jämfört med alternativet on/off-strykning vore även det väldigt intressant för användaren. Man ska komma ihåg att normalt är värmebehovet väsentligt lägre än uppvärmningssystemets installerade maxeffekt och dellaster gäller under huvuddelen av året. Det innebär en större procentuell vinst i driftsfallet, än de 3 - 4 % som gäller i en modern frekvensomformare som möjliggör dellastreglering. Med PM/EC motorer blir förlusten mindre.

Den stora förändring, som införandet av många fler regulatorer innebär, ställer fler krav på installatörer vid dimensionering, igångkörning, dokumentation och service. Det finns exempel på system som inte går bra och med stora pendlingar i systemen. De i Sverige traditionella indirekta kylsystemen har varit ställda så att inga förändringar egentligen inträffar under årets varierande yttre förhållanden. Införandet av mer sofistikerade system både för kyla och värme kräver kunskap. Det är dessutom en gammal erfarenhet att även de bästa systemen degenererar om de inte underhålls med kunskap.

En genomgång av temperaturmätningar i system eller metodik för att säkerställa optimal drift av värmepumpar trots stora mätfel i systemen, är i större fastigheter en nödvändighet.

## 8 Litteraturreferenser

- [1] Rolfsman, L., Markusson, C., Borgqvist, M., Karlsson, P., "Dörrar på öppna kyldiskar och anpassning av kylsystem i butik", BeLivs BP04, Projekt 35667-1, Dnr 2011-005756 Energimyndigheten, 2014, 60 sidor  
Tillgänglig på [www.belivs.se](http://www.belivs.se)
- [2] Landfors Kristina et al; "Energieffektivisering i livsmedelsbutiker", Ö-net, Örebro, april 2000, 74 sidor
- [3] Axell Monica, "Vertical cabinets in supermarkets", PhD Thesis, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, dec 2002, 254 sidor
- [4] Lindberg Ulla et al, "Supermarkets, indoor climate and energy efficiency – field measurements before and after installation of doors on refrigerated cases", Conference Proceedings, 12th International Refrigeration and Air Conditioning Conference, Purdue, USA, 2008
- [5] Energimyndigheten, "Förbättrad energistatistik för lokaler – "Stegvis STIL" Rapport för år 1", ER2007:34, Statens Energimyndighet, Stockholm, 2007, 92 sidor
- [6] Arias Jaime et al, "Effektivare Kyla", Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm, 2004, 87 sidor
- [7] Marigny John, "Analysis of simultaneous cooling and heating in supermarket refrigeration systems", Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm, 2011, 76 sidor

## Bilaga A. Givare i systemet för mätning

Tabellen nedan beskriver antal mätställen och givartyper för värmepumpsdelen.

Mät-punkter	Objekt	Mätstorhet	Placering	Beteckning	Givartyp
1	Kylsystemet	Flöde	Köldbärare till VP	VMM1-GF1	<b>1100C PFA/HC DN80 PN16</b>
2	Kylsystemet	Temp	In till VP	VMM1-GT1	PT1000
3	Kylsystemet	Temp	Ut från VP	VMM1-GT2	PT1000
4	Värmesystemet	Flöde	Efter tankar	VMM2-GF1	<b>1100C PFA/HC DN25 PN16</b>
5	Värmesystemet	Temp	Värme ut	VMM2-GT1	PT1000
6	Värmesystemet	Temp	Retur till Tank (VP)	VMM2-GT2	PT1000
7	Värmesystemet	Flöde	Före VV-tankar	VMM3-GF1	<b>1100C PFA/HC DN25 PN16</b>
8	Värmesystemet	Temp	Kalla sidan	VMM3-GT1	PT1000
9	Värmesystemet	Temp	Varma sidan	VMM3-GT2	PT1000
10	Varmvatten	Flöde	På KV in till VVB	VMM4-GF1	<b>1100C PFA/HC DN15 PN16</b>
11	Varmvatten	Temp	VV	VMM4-GT1	PT1000
12	Kallvatten	Temp	KV	VMM4-GT2	PT1000
13	Elmätare	El energi	VP 1	ELM 1	Carlo gavazzi 63A Enr 0900019
14	Elmätare	El energi	VP 2	ELM 2	Carlo gavazzi 63A Enr 0900019
15	Elmätare	El energi	VP 3	ELM 3	Carlo gavazzi 63A Enr 0900019
16	Elmätare	El energi	VP 4	ELM 4	Carlo gavazzi 63A Enr 0900019

**Induktiv flödesmätare** bestående av:

Flödesgivare **1000** och signalomvandlare **IFC100C**, direkt monterad på mätröret (Kompakt)



## Bilaga B. Beräkningar

Mätsystemet loggade data för temperaturgivare och flödesgivare. Mjukvaran använde mätdata för att utföra beräkningar för värmeenergi i systemet. Värmemängd för varje dataloggningen adderades till redan beräknade värmemängder och mätsystemet presenterade således total värmemängd till och från värmepumpsanläggningen. Mätsystemet fungerade som en energimätare där energiberäkningar, Ekv 1-3, presenterar utförda beräkningar vid varje dataloggning.

### Värmeenergi till värmepumpsanläggning

$$Q = \rho * c_p * \dot{V} * (T_1 - T_2) * t \left\{ \begin{array}{l} Q = \text{värmeenergi till värmepumpsanläggning [kWh]} \\ \rho = \text{densiteten köldbärare } \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \\ c_p = \text{specifik värmekapacitet köldbärare } \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{kg} \times ^\circ\text{C}} \right] \\ \dot{V} = \text{köldbärarflöde } \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \\ T_1 = \text{framledningstemperatur köldbärare } [^\circ\text{C}] \\ T_2 = \text{returtemperatur köldbärare } [^\circ\text{C}] \\ t = \text{tid mellan dataloggning [s]} \end{array} \right\} \text{ [kWh] Ekv. 1}$$

### Värmeenergi till lokaluppvärmning

$$Q = \rho * c_p * \dot{V} * (T_1 - T_2) * t \left\{ \begin{array}{l} Q = \text{värmeenergi till lokaluppvärmning [kWh]} \\ \rho = \text{densiteten vatten } \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \\ c_p = \text{specifik värmekapacitet vatten } \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{kg} \times ^\circ\text{C}} \right] \\ \dot{V} = \text{vattenflöde } \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \\ T_1 = \text{framledningstemperatur på vatten } [^\circ\text{C}] \\ T_2 = \text{returtemperatur på vatten } [^\circ\text{C}] \\ t = \text{tid mellan dataloggning [s]} \end{array} \right\} \text{ [kWh] Ekv. 2}$$

### Värmeenergi till tappvarmvattenberedare

$$Q = \rho * c_p * \dot{V} * (T_1 - T_2) * t \left\{ \begin{array}{l} Q = \text{värmeenergi till tappvarmvattenberedare [kWh]} \\ \rho = \text{densiteten tappvatten } \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \\ c_p = \text{specifik värmekapacitet tappvatten } \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{kg} \times ^\circ\text{C}} \right] \\ \dot{V} = \text{tappvattenflöde } \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \\ T_1 = \text{framledningstemperatur på tapvatten } [^\circ\text{C}] \\ T_2 = \text{returtemperatur på tappvatten } [^\circ\text{C}] \\ t = \text{tid mellan dataloggning [s]} \end{array} \right\} \text{ [kWh] Ekv. 3}$$

## Bilaga C. Vad ska man tänka på vid upprepning av den här demonstrationen

Att det finns mycket värme som avges från livsmedelsbutikens kylsystem för att kylda och frysa matvaror är ett faktum. Oftast, om inte alltid, är denna avgivna värme tillräckligt för att värma hela butiken under hela året. Det har ännu inte framkommit någon installation för sådan värmeåtervinning i butiker, där det inte finns tillräckligt med värme för att tillgodose butikens värmebehov, men det innebär inte att det inte kan finnas det.

### Installation för värmeåtervinning

I en befintlig butiksinstallation för lokaluppvärmning, som värms med en värmekälla som inte är känslig för höga temperaturdifferenser (gas, olja, el eller fjärrvärme), är oftast värmeväxlarna små. Sådana värmeväxlare finns i ventilationssystem, aerotemperar, radiatorer och luftridåer. Att driva upp kylsystemets kondenseringstemperatur för att möjliggöra värmeöverföring till ett sådant uppvärmningssystem med höga temperaturer, försämrar kylaggregatens effektivitet. Lösningen är då att investera i en värmepump för att höja temperaturen till 60°C i distributionssystemet till dessa värmeväxlare. Därmed kan även värme för varmvatten klaras av installationen. Om någon värmeväxlare kräver ännu högre temperaturer är det värt att undersöka möjligheten att byta ut sådana värmeväxlare till varianter som klarar lägre temperaturer.

### Dimensionering

Livsmedelsbutikens värmebehov över året kan hämtas från värmefakturor. Se gärna på de kallaste dagarna under några olika år, för att dimensionera storleken, d.v.s. effekten, i uppvärmningssystemet.

Det är säkrast och billigast att köpa några standardaggregat från välkända värmepumpsleverantörer. Om det blir för lite kapacitet kan flera värmepumpsaggregat installeras.

Vid dimensioneringen av värmepumpsanläggningen, se på eleffektbehov i elabonnemanget för att inte överstiga effekttariff.

Akkumulatörer för tappvatten (varmvattenberedare) bör kunna transporteras in i byggnaden och kan lämpligen vara standardstorlekar.”

### Styrsystem och styrning

För att få effektiv och lönsam drift av de olika systemen i butiken, behövs samordning mellan ett antal olika styrsystem:

- Värmepumpen får inte sänka kylmedlet, d.v.s. värmekällan, till en lägre temperatur än vad kylkompressorerna klarar i avseende lägsta kondenseringstryck.
- Kylmedelkylaren eller kondensorn skall bara kyla bort den värmemängd från kylsystemet som inte behövs i värmepumpen.
- Ventilationen eller uppvärmningsdistributionen skall inte begära högre framledningstemperatur än vad värmepumpen klarar. Detta måste kontrolleras på konstruktionsstadiet.

När systemet är i drift ska det kontrolleras att:

- Värme från värmepumpar prioriteras

- Kylsystemet arbetar på lägsta tillåtna, möjliga temperaturnivå i kondensering.
- Ingen värme dumpas i kylmedelkylare om någon annan värme köps in

Ge i uppdrag till någon servicefirma, som kan och behärskar samtliga berörda system, att se till att detta fungerar. Kontrollera någon gång under vintrarna att driften sköts och fungerar som tänkt.