



Resurseffektiva kyl- och värmepumpssystem

Drift och underhåll av kyl- och värmepumpssystem

Lennart Rolfsman, Kristin Larsson

Juni 2014

Förord

SP Energiteknik har inom ramen för Energimyndighetens program EFFSYS+ genomfört ett projekt om drift och underhåll av kyl- och värmepumpsystem. Projektet finansierades av Energimyndigheten, Kylbranschens Samarbetsstiftelse och ClimaCheck AB. Målet var att identifiera vanliga och kostsamma fel hos kylsystem för livsmedel i butiker samt hos fastighetsvärmepumpar, för att kunna föreslå underhållsrutiner för att förebygga dessa fel.

SP Energiteknik har under 2011 och 2014 intervjuat och diskuterat med personer som:

- arbetar med underhåll i olika processindustrier
- arbetar med drift och underhåll av kylsystem i livsmedelsbutiker
- arbetar med drift och underhåll av fastighetsvärmepumpar
- är ägare av livsmedelsbutiker
- är ägare av fastighetsvärmepumpar

SP Energiteknik vill tacka alla personer som har ställt upp i detta projekt och gett av sin tid, kunskap och sina erfarenheter.

Borås, juni 2014

Sammanfattning

Vårt moderna samhälle är knappast möjligt utan värmepumpande teknik, dels för livsmedelskyla i alla dess former, men sedan några decennier har även värmepumpar ökat som uppvärmningsmetod i både bostäder och lokaler. Trots den utbredda användningen av kyl- och värmepumpsanläggningar är underhållet inte så systematiserat jämfört med andra teknikområden såsom exempelvis inom processindustrin. Det övergripande målet med detta projekt var att utforma en metodik för hur drift och underhåll kan förbättras för att bibehålla installerad effektivitet och ersätta visst avhjälpande underhåll med förebyggande, för att totalt sett ge en bättre driftekonomi. De två tillämpningsområdena i projektet var kylsystem i livsmedelbutiker och fastighetsvärmepumpar.

Den första delen i projektet var att undersöka hur processindustrin hanterar sitt underhållsarbete och vilka rutiner som kan implementeras för underhåll av kylsystem i livsmedelsbutiker och för fastighetsvärmepumpar. Metoden var att intervjua personer som arbetar på underhållsavdelningar på olika processindustrier och diskutera hur de hanterar sitt underhållsarbete. En litteratursökning genomfördes också.

Den andra delen i projektet var att undersöka vilka som var de vanligaste och mest kostsamma felen för drift och underhåll av kylsystem i livsmedelsbutiker respektive fastighetsvärmepumpar. Butiksägare och personer som ansvarade för drift och underhåll av kylsystem i livsmedelsbutiker intervjuades och ett års servicefakturer för 14 livsmedelsbutiker undersöktes, för kartläggningen av fel i kylsystem. Intervjuer genomfördes även med personer som ansvarade för drift och underhåll av fastighetsvärmepumpar, och ett seminarium hölls riktat mot mindre fastighetsföretag för att kartlägga vanliga problem med drift och underhåll för fastighetsvärmepumpar.

Den avslutande delen var att föreslå underhållsprinciper som är tillämpbara för att förhindra de identifierade felen och för att systematisera underhållsarbetet i livsmedelsbutiker respektive mindre fastighetsföretag.

För kylsystem kunde de fyra mest vanliga och kostsamma feltyperna identifieras och ett förslag på förebyggande åtgärder ser ut som följer:

1. Kompressorer
 - a. Säkerställ oljekvaliteten genom analys eller byte för att förhindra att kompressorn skär och havererar.

- b. Håll driften inom kompressorns arbetsområde och kontrollera kvaliteten på säkerhetsutrustning, såsom relä och vakter, om deras felfrekvens är hög.
2. Köldmediebrist:
 - a. Orsaken till köldmediebrist ska alltid undersökas.
 - b. Undvik förbindningar och ventiler som är allmänt kända i branschen som olämpliga.
3. Igenisning av kyl- och frysdiskar kan minskas genom att kontrollera avfrostningstider och avfrostningens funktion.
4. Igensatta avlopp i kyl- och frysdiskar kan minskas genom rengöring. Rengöring bör åtminstone utföras för kyldiskar framåt sommaren, eftersom dessa fel är vanligast förekommande då.

För fastighetsvärmepumpar var inte trasiga komponenter eller driftstopp de främsta problemen. Svårigheterna låg istället i att få till stånd bra dimensionering, installation och idrifttagning av värmepumpar och sedan ha kunskap om hur värmepumpar ska styras och övervakas. Resultatet blev en handbok som riktar sig till mindre fastighetsföretag med information om vad de bör tänka på vid inköp, projektering och idrifttagning av värmepumpar för att underlätta framtida drift och underhåll.

Utöver detta bör livsmedelsbutiker och fastighetsföretag införa följande:

- Riskbedömningar som svarar på frågan vad stopp i driften innebär kostnadsmissigt.
- Ett mål med underhållsarbetet som beskriver vilken nivå som ska uppnås samt fördela drift- och underhållsarbetet mellan vad som ska skötas internt respektive externt.
- Årlig översyn av anläggningen och driften, utförd av ett serviceföretag som även ger ett åtgärdsförslag för att minska drift och underhållskostnader.
- Uppföljning av kyl- eller värmepumpssystemets elanvändning genom att göra en graf av elanvändningen som funktion av utomhustemperaturen. Detta för att kunna följa trender i elbehovet och uppmärksamma om elanvändningen avsevärt ändrar sig från sina normala värden.
- Rondering som utförs av fastighetsskötaren eller butikspersonalen, som tillkallar serviceföretag om något avviker från normala förhållanden.
- Årligen följa upp de vanligaste och mest kostsamma felen.
- Systematisera och uppdatera anläggningsdokumentation, samt skapa en driftsjournal.

Summary

Our modern society is hardly possible without heat pumping technology, partly used for refrigeration of food wares, but since a few decades also for space heating in apartments and premises. Despite the widespread use of refrigeration and heat pump systems, maintenance is not particularly systematized compared to other fields of technology, for example in the process industry.

The overall objective of this project was to develop a methodology on how to improve operation and maintenance to maintain installed capacity and replace some corrective maintenance with preventive in order to lessen the total economy of operation. The two areas of appliance were refrigeration systems in supermarkets and heat pump systems in apartment and premises buildings. The first phase of the project was to investigate how the process industry handles maintenance and what routines can be implemented to the maintenance activities of refrigeration systems in supermarkets and heat pumps in buildings. The methodology consisted of interviews with maintenance staff of process industries and discussions on how they handle the maintenance. A literature survey was also performed. The second phase of the project was to investigate what the most commonly occurring and costly failures in refrigeration systems of supermarkets and heat pumps in buildings were. Supermarket owners and maintenance personnel were interviewed and invoices related to maintenance, service and repairs for a period of one year for 14 different supermarkets were investigated in order to survey the failures of refrigeration systems. Interviews were also performed with maintenance personnel of heat pumps owned by property companies and a seminar was held aimed at smaller property companies in order to survey commonly occurring failures regarding operation and maintenance of building heat pumps.

For refrigeration systems the four most common and costly failures were identified and a suggestion for preventive activities looks as follows:

1. Compressor
 - a. Ensure the quality of lubrication oils by analysis and/ or change to prevent compressor failure.

- b. Maintain operation within the operating range of the compressor and verify the quality of safety equipment such as relays and switches if they have a high failure frequency.
2. Lack of refrigerant
 - a. The reason for insufficient refrigerant should always be investigated.
 - b. Avoid joints and valves that are known by the industry as unsuitable.
5. Freezing of display cabinets can be reduced by controlling defrosting times and the function of the defrosting.
6. Clogged drains in display cabinets can be reduced by cleaning. Clean at least chilled display cabinets before the summer season, since these failures are most common then.

The main problem with operation and maintenance of heat pumps installed in apartment and premises buildings were not broken components or downtimes. Instead, the difficulties were how to design, install and commission heat pump systems in order to facilitate future operation and maintenance, and later on to have the knowledge of how heat pumps should be controlled and monitored in order to maintain the performance. The result was a handbook addressed to smaller real estate companies with information on what they should consider when purchasing, projecting and commissioning heat pumps in order to facilitate future operation and maintenance.

In addition, supermarkets and property companies should introduce the following:

- Risk assessments of the system to investigate the cost of operation failure.
- A goal with the maintenance work that describes which level to be achieved and allocate operation and maintenance work between what should be handled internally and externally, respectively.
- Annual review of the system and its operation, performed by a service company that also proposes measures to in order to reduce the operation and maintenance costs.
- Follow-ups of the refrigeration or heat pump system electricity use by drawing a graph of the electricity use as a function of the outdoor temperature. This makes it possible to track trends in the electricity demand and to notice if the electricity use significantly deviates from its normal values.
- Regular inspections of the system, done by the janitor or the supermarket personnel, who calls for service if something deviates from normal conditions.
- Annually follow-ups of the most common and costly failures.
- Systematize and update the system documentation, and create an operating journal.

Innehåll

Inledning.....	7
Bakgrund	7
Syfte	8
Metod.....	8
Sammanfattning av arbets- och slutrapporter	10
Arbetsrapport 1 – Underhåll och underhållsprinciper i processindustrin	11
Arbetsrapport 2 – Undersökning av vanliga och kostsamma fel hos kylsystem i livsmedelsbutiker	13
Arbetsrapport 3 – Undersökning av vanliga problem med drift och underhåll av fastighetsvärmepumpar	15
Slutrapport 1 – Drift- och underhållsprinciper tillämpbara för kylsystem i livsmedelsbutiker	17
Slutrapport 2 – Drift och underhållsprinciper tillämpbara för fastighetsvärmepumpar	19
Slutsatser	21
Referenser	22
Projektets vetenskapliga publikationer	23
Projektets populärvetenskapliga publikationer och presentationer	23
Bilaga 1 – Arbetsrapport 1, Underhåll och underhållsprinciper i processindustrin	
Bilaga 2 – Arbetsrapport 2, Undersökning av vanliga och kostsamma fel hos kylsystem i livsmedelsbutiker	
Bilaga 3 – Arbetsrapport 3, Undersökning av vanliga problem med drift och underhåll av fastighetsvärmepumpar	
Bilaga 4 – Slutrapport 1, Drift och underhållsprinciper tillämpbara för kylsystem i livsmedelsbutiker	
Bilaga 5 – Slutrapport 2, Drift och underhållsprinciper tillämpbara för fastighetsvärmepumpar	

Inledning

Vårt moderna samhälle är knappast genomförbart utan värmepumpande teknik. I första hand kanske tankarna går till livsmedelskyla i alla dess former, men sedan några decennier har värmepumpar också ökat som uppvärmningsmetod i både bostäder och lokaler [1]. Driftsavbrott har helt olika betydelse för olika typer av kyl- och värmepumpssystem. För värmepumpar i fastigheter måste värmeproduktionen ersättas med en dyrare metod, ett reservsystem eller en extra värmepumpsanläggning som alltid måste finnas tillgänglig. I livsmedelbutiker finns stora ekonomiska värden i kylda och frysta varor lagrade i butikens diskar och lagerrum, som blir förstörda om inte rätt lagringstemperatur kan upprätthållas.

Bakgrund

Trots den utbredda användningen av kyl- och värmepumpsanläggningar är underhållet inte så systematiserat jämfört med andra teknikområden såsom exempelvis inom processindustrin. I kapitalintensiva industrier av typen processkemi, pappersbruk och stålverk har en kraftfull utveckling av drift och underhåll skett de senaste 30 åren. Huvudsyftet med denna utveckling är att bibehålla installerad effektivitet och hitta balansen mellan avhjälpande och förebyggande underhåll. De flesta kyl- och värmepumpsanläggningarna drivs av företag som inte har speciell personal för drift eller underhåll och troligen tillämpas mestadels avhjälpande underhåll för dessa anläggningar. Två typiska områden som kännetecknas av detta är kylsystem för livsmedel i butiker och fastighetsvärmepumpar som installeras av mindre fastighetsföretag. Inom båda dessa områden finns det skäl att tro att konkurrensen kommer att skärpas och att ägarna blir alltmer medvetna om sina driftskostnader, eftersom kostnader för inköpt energi är en stor post. Att systemen klarar av att upprätthålla önskade temperaturer har varit, och är främsta bedömningsparametern för att definiera tillståndet för ett installerat system. Det är troligt att de flesta installerade systemen idag ger 10-20 % sämre effektivitet än kontrakterade data. Till detta skall läggas ett okänt antal "onödiga" haverier som var och ett representerar avsevärda belopp för ägaren av systemet. Med ett lågt intresse från anläggningsägarna har den mycket fragmenterade serviceindustrin inte haft behov av att förändra sitt servicearbete. Det är svårt för serviceindustrin att genomföra förändringar av egen kraft, utan intresse för driftskostnaderna.

I en masteruppsats från KTH 2006 har det visats att nya kylanläggningar direkt vid överlämnande i snitt är ungefär 10 % fel både avseende på COP och kyleffekt [2]. För mindre anläggningar blir avvikelserna några kW och för stora anläggningar över 100 kW. Det saknas uppmätt och tillgängligt underlag för att beskriva hur kyl- och värmepumpssystem försämras med tiden, men med en dålig start gällande prestanda är det inte troligt att fortsättningen blir bättre. Hur många kWh elenergi som totalt skulle kunna sparas bara genom att uppfylla och bibehålla kontrakterade data är okänt. Bättre

installerade system och bättre drift och underhåll, kan säkerligen minska behovet av energi för att driva systemen.

Syfte

Syftet med projektet var att lägga grunden till en fördjupad kunskap avseende på drift och underhåll av två olika tillämpningsområden för värmepumpande teknik:

1. Kylsystem installerade i livsmedelsbutiker för att kyla livsmedel
2. Värmepumpar installerade i fastigheter för uppvärmning av lokaler, bostäder och/eller värmning av tappvarmvatten

Det övergripande målet var att utforma en metodik för hur drift och underhåll kan förbättras för att bibehålla installerad effektivitet och ersätta visst avhjälpande underhåll med förebyggande, för att totalt sett ge en bättre driftekonomi.

Metod

Den första delen i projektet var att undersöka hur processindustrin hanterar sitt underhållsarbete och vilka rutiner som kan implementeras för underhåll av kylsystem i livsmedelsbutiker och fastighetsvärmepumpar. Den andra delen i projektet var att undersöka vilka som var de vanligaste och mest kostsamma felen för drift och underhåll av kylsystem i livsmedelsbutiker respektive för fastighetsvärmepumpar. Den avslutande delen var att föreslå underhållsprinciper som är tillämpbara för att förhindra de identifierade felen och för att systematisera underhållsarbetet i livsmedelsbutiker och fastighetsföretag.

Projektet har således genomförts i tre steg där metoderna har varit följande:

- 1) Genomgång av befintlig kunskap gällande underhåll inom kapitalintensiva branscher. Studien är beskriven i Arbetsrapport 1 [3]. En kemikalieindustri, ett pappersmassabruk och en stålindustri besöktes för att intervjua underhållsingenjörer och diskutera underhåll. Även en litteraturstudie genomfördes.
- 2) Undersökning av vanliga och kostsamma fel för respektive tillämpningsområde.
 - a) För kylsystem i livsmedelsbutiker är studien beskriven i Arbetsrapport 2 [4]. Fjorton livsmedelsbutiker deltog i studien, och dess servicereporter undersöktes för att identifiera de vanligaste och mest kostsamma felen och hur mycket serviceåtgärderna kostar under ett år.
 - b) För fastighetsvärmepumpar är studien beskriven i Arbetsrapport 3 [5]. Fem olika fastighetsföretag som äger värmepumpar besöktes, för att intervjua personer som ansvarade för skötseln av värmepumparna och för att identifiera vilka svårigheter som upplevdes med drift och underhåll. Ett seminarium riktat mot mindre fastighetsföretag genomfördes för att diskutera deras syn på drift

och underhåll och vilken typ av för stöd de behöver för att sköta sina värmepumpar.

- 3) Framtagande av förslag på underhållsrutiner för ett mer organiserat och effektivt underhåll hos livsmedelsbutiker och mindre fastighetsföretag som äger värmepumpar. De båda tillämpningsområdena är beskrivna i varsin slutrapport:
 - a) Slutrapport 1 beskriver tillämpbara underhållsprinciper för kylsystem i livsmedelsbutiker och bygger på resultat från steg 1 och steg 2a [6].
 - b) Slutrapport 2 beskriver tillämpbara underhållsprinciper för värmepumpar installerade i mindre fastighetsföretag och bygger på resultat från steg 1 och steg 2b [7].

Två arbetsgrupper deltog i projektet för att diskutera resultat, vidare arbeten och även synen på drift och underhåll av kylsystem överlag. De två arbetsgrupperna hade representanter från branschen.

1. I arbetsgruppen för livsmedelskyla deltog personer som ansvarar för drift av kylsystem i butiker, butiksägare, serviceföretag och leverantörer av kylsystem.
2. I arbetsgruppen för fastighetsvärmepumpar deltog personer som ansvarar för drift av fastighetsvärmepumpar och leverantörer av fastighetsvärmepumpar och installationssystem.

Sammanfattning av arbets- och slutrapporter

I följande avsnitt sammanfattas de olika arbets- och slutrapporterna från projektet. Arbets- och slutrapporterna återfinns i sin helhet i bilagorna 1 till 5.

Arbetsrapport 1 – Underhåll och underhållsprinciper i processindustrin

Syfte

Denna studie inriktade sig på att öka kompetensen avseende drift och underhåll i processindustrin, för att i första hand identifiera etablerade underhållsprinciper som skulle kunna överföras till livsmedelsbutiker och fastighetsbolag.

Metod

Intervjuer gjordes med personal på underhållsavdelningar inom processindustrin för att lära om deras syn på underhåll och en litteraturstudie genomfördes. Intervjuer gjordes både via telefon och vid besök på olika företag. Besök hos tre olika typer av processindustrier i Sverige genomfördes, en kemikalieindustri, ett pappersmassabruk och ett stålverk. De frågor som diskuterades under intervjuerna redovisas nedan.

1. Hur är inställningen till förebyggande respektive avhjälpande underhåll på ert företag?
2. Hur är underhållsarbetet organiserat både i själva underhållsorganisationen och i förhållande till driften?
3. Hur ser anläggningsdokumentationen ut?
4. Hur redovisas kostnader för underhåll?
5. Hur identifieras erfarenhet och hur dokumenteras den för historik och användning?
6. Hur planeras tillgång till reservdelar?
7. Hur planeras tillgång till kunnig personal och inhyrda tjänster?
8. Vid nyinvesteringar, hur tas hänsyn till kommande underhåll?
9. Hur hanteras val av hård och mjukvara för styrsystem?

Resultat och slutsats

Sammanfattningsvis är underhållsarbete en fråga om organisation och systematik. Det är viktigt att ha kunskap om anläggningarna och att ha anläggningsdokumentationen i ordning. Följande punkter bör en ägare av ett kyl- eller värmepumpssystem tänka på gällande underhåll av systemet:

- Ha ett mål med sitt underhåll, identifiera resurser för underhållsarbetet och utarbeta strategier för att nå målet.
- Analysera konsekvenserna om anläggningarna skulle haverera. Det sätter ramen för hur mycket avhjälpande respektive förebyggande underhåll får kosta och vilka reservsystem som behövs.
- Veta vilka fel som inträffar, när de inträffar, hur ofta de inträffar och varför.

- Följa upp anläggningarnas status och utförda underhållsarbeten för att kunna utföra riktade underhållsinsatser där de behövs mest och därmed effektivisera underhållsarbetet. Detta kräver mätning och/eller översyn av anläggningar och åtgärder, för att få statistik och historik för dem.
- Ekonomisk uppföljning av drift och underhåll är viktigt för att motivera olika åtgärder och se resultat av sina insatser.
- Beställarkompetens vid inköp av utrustning och tjänster behövs för att kunna specificera krav.
- Identifiera vilka kunskaper som behövs och åtgärda kunskapsluckor.
- Erfarenhets- och kunskapsöverföring är viktigt både gällande anläggningarnas tillstånd och funktion, samt vilka åtgärder och inställningar som har utförts på anläggningarna. Ett verktyg behövs för kommunikation och dokumentation.
- Attityder och engagemang hos ledning och personal är avgörande för hur drift och underhåll bedrivs.

Arbetsrapport 2 – Undersökning av vanliga och kostsamma fel hos kylsystem i livsmedelsbutiker

Syfte

Syftet med denna studie var att identifiera och analysera de vanligaste felen hos kylsystem i livsmedelsbutiker och få fram hur mycket det kostar att åtgärda felen. Målet var att välja ut de vanligaste och mest kostsamma felen för att i nästa steg av arbetet hitta bra underhållsprinciper ur en ekonomisk synvinkel för att förebygga dem.

De tre frågeställningarna att besvara var:

1. Hur mycket kostar fel som uppstår i kylsystemen för en livsmedelsbutik under ett år?
2. Vilka är de vanligaste typerna av fel?
3. Vilka är de mest kostsamma typerna av fel?

Metod

Kostnader för att åtgärda fel hos kylsystem i livsmedelsbutiker delades in i direkta och indirekta kostnader. Totala kostnaden för att åtgärda fel var summan av direkta och indirekta kostnader. Direkta kostnader är relaterade till kostnader för servicetekniker och material för avhjälpandet av fel. Indirekta kostnader är relaterade till resurser som krävs för att lasta om varor, kassation av varor och utebliven försäljning.

För att svara på de tre frågorna ovan användes följande metoder:

- Genomgång av service rapporter och service fakturor för att kartlägga fel under ett år och identifiera direkta kostnader.
- Intervjuer med butikschefer, servicetekniker och personer ansvariga för driften av anläggningarna, för att uppskatta indirekta kostnader.
- Verifieringar av resultat och diskussion med en arbetsgrupp bestående av representanter från branschen.

Totalt har ett års service fakturor för 14 livsmedelsbutiker gått igenom och 8 intervjuer gjorts. För att särskilja butikerna delades de in i fyra butiksstorlekar som kallades närbutik, mellanbutik, storbutik och stormarknad. Av de 14 butikerna som är med i undersökningen var 4 närbutiker, 3 mellanbutiker, 6 storbutiker och 1 stormarknad.

Resultat och slutsatser

De fel som beskrevs i service rapporterna kategoriserades utifrån hur de uppenbarade sig, och vilket objekt eller funktion som åtgärdades för att avhjälpa felet. Sammanlagt hade de 14 butikerna under ett års tid haft 372 fel, 428 besök av servicetekniker och 493 serviceåtgärder hade utförts. En serviceåtgärd är en insats gjord av ett

serviceföretag för att avhjälpa fel. Kostnaden för att avhjälpa fel under ett år i de fjorton livsmedelsbutikerna uppgick totalt till ca 2 334 000 SEK exklusive moms i direkta och indirekta kostnader. Dessa siffror säger att i genomsnitt hade en livsmedelsbutik besök av en servicetekniker var 12:e dag och att ett besök i medel kostade 5 500 SEK exkl. moms. Butiksgenomsnittet för att åtgärda samtliga fel hos kylsystemen under ett år var 167 000 SEK.

Det vanligaste symptomet på ett fel och det som gjorde att en servicetekniker kallades in, var att rätt temperatur inte upprätthölls i diskar och lagerrum för kylda och frysta livsmedel och det motsvarade ca 38 % av alla fel. Felsymptomet att övervakningssystem larmar var näst vanligast med ca 20 %. Denna kategori innefattade både faktiska larm hos systemen och problem med själva övervakningssystemen. Fel delades även in i olika feltyper, som beskrev var i kylsystemen en insats har gjorts för att åtgärda felet. Den vanligaste feltypen var *kompressorer*, med problem som smörjning och larmande eller trasiga säkerhetsfunktioner. Andra vanliga feltyper var stopp i avlopp, igenisning- och avfrostningsproblem samt ej fungerande fläktar. Majoriteten av dessa senare fel uppstod i kyl- och frysdiskar. Den vanligaste feltypen *kompressorer* var även den mest kostsamma. Problem med köldmediekretsen, dvs. samtliga komponenter i kretsen förutom själva kompressorn, hamnade på andra plats. Detta indikerar att felåtgärder i den kyltekniska processen var de mest kostsamma då det gäller fel hos kylsystem i butiker. Det tredje mest kostsamma felet var igenisning- och avfrostningsproblem, en kategori med stort bidrag från indirekta kostnader då feltyper som kräver ingrepp i diskar ökade de indirekta kostnaderna. Hantering av livsmedel kräver arbetstid och minskar försäljningen om disken stängs av eller framkomligheten minskar för kunderna.

En femtedel av den totala kostnaden stod de indirekta kostnaderna för och var den största osäkerheten i studien då de främst var uppskattningar. Om en grov känslighetsanalys utförs genom att istället anta att de indirekta kostnaderna är 50 % högre än uppskattat, så skulle totalkostnaden för de fjorton butikerna istället hamna på ca 2 571 000 SEK och genomsnittsbesöket kostar 6 000 SEK exkl. moms. Kostnaden för ökad köpt energi i samband med fel på kylanläggningar är också en viktig post, som borde inräknas i de indirekta kostnaderna. Den mätning som krävs för att identifiera energianvändning och koppla den till dålig funktion på kylanläggningar finns dock överlag inte implementerad idag, vilket gjorde att detta inte var möjligt.

Arbetsrapport 3 – Undersökning av vanliga problem med drift och underhåll av fastighetsvärmepumpar

Syfte

Denna studie syftade till att kartlägga de vanligaste och mest kostsamma felen hos fastighetsvärmepumpar. Frågeställningarna var:

1. Vilka är de vanligaste felen?
2. Vilka är de mest kostsamma felen?
3. Hur ser serviceorganisationen ut?
4. Hur stora är omkostnader för reservvärme då värmepumpsdriften faller bort på grund av fel?

Kostnader som avsågs var både direkta och indirekta kostnader. Direkta kostnader är kostnader som uppstår i samband med att de ska åtgärdas, såsom lönekostnader för servicepersonal, materialkostnader och resekostnader. Indirekta kostnader är förhöjda energikostnader till följd av fel på grund av ogynnsam drift eller att ett reservuppvärmningssystem tas i drift för att täcka det värmebehov, som värmepumpen inte kan tillgodose.

Metod

Personal som arbetar med drift och underhåll på fem olika fastighetsföretag intervjuades för att undersöka hur deras underhållsorganisation ser ut och hur de planerar och utför underhåll. Frågor ställdes om vilken typ av fel som ansågs vara de vanligaste och hur stora kostnaderna var för att åtgärda dem. Intervjuerna gjordes genom besök på de olika företagen.

Ett seminarium genomfördes i projektet som främst riktade sig till ägare av mindre fastighetsföretag. Seminariets syfte var att diskutera ägarnas syn på drift och underhåll och vad de ansåg vara de största problemen gällande skötsel av värmepumpar.

Resultat och slutsatser

Resultatet av studien var att de tillfrågade personerna som äger eller sköter värmepumpar inte ansåg att driftstopp och trasiga komponenter var huvudproblemet, vilket medförde att frågorna 1, 2 och 4 som ställdes (se avsnitt Syfte) inte kunde besvaras.

Överlag ansågs värmepumpar vara driftsäkra om de projekteras, installeras och övervakas rätt. Svårigheterna ligger istället i att få till stånd bra dimensionering, installation och idrifttagning av värmepumpar och sedan ha kunskap om hur värmepumparna ska styras och övervakas, då de är integrerade i ett större och ofta komplext tekniskt installationssystem som reglerar byggnadens inomhusklimat. Det ställer krav på teknisk kompetens inom bl.a. värme, ventilation, kylteknik, el och

reglerkunskap, för att förstå hur de tekniska installationerna påverkar varandra. Valet blev att inrikta det fortsatta arbetet på mindre fastighetsföretag, som äger högst tio lägenheter eller lokaler. Det är svårare för mindre fastighetsföretag att internt ha den tekniska kunskapen, som behövs för att köpa, driva och underhålla värmepumpar, då organisationen och antalet värmepumpar är litet. Önskemål från denna kategori av fastighetsföretag var även checklistor för drift och underhåll samt vad som bör tänkas på vid upphandling av värmepumpar och servicekontrakt. Slutsatsen av denna studie var att det finns ett behov av en handbok om drift och underhåll av värmepumpsanläggningar, som riktar sig till mindre fastighetsföretag. Denna handbok är bifogad i en bilaga till Slutrapport 1 från detta projekt och innehåller information om följande [7]:

- Generella principer om underhållsarbete, organisation och vision med drift och underhåll
 - Dokumenthantering
 - Riskbedömningar
- Inköp av värmepumpar
 - Informationsblad om aspekter att tänka på inför ett köp
- Igångkörning av värmepumpsanläggningen
 - Samordningsansvar
 - Funktionskontroll av anläggningen
 - Checklista vid uppstart
- Underhåll av värmepumpsanläggningen
 - Övervakning av prestandan
 - Rondering
 - Driftsjournal

Slutrapport 1 – Drift- och underhållsprinciper tillämpbara för kylsystem i livsmedelsbutiker

Inledning

Resultatet från Arbetsrapport 2 visade att de 14 livsmedelsbutiker som undersöktes i den studien lägger i genomsnitt 167 000 SEK exkl. moms årligen på att avhjälpa fel i kylsystemet, om både direkta och indirekta kostnader räknas in [4]. Direkta kostnader härrör från serviceföretagets arbete och indirekta kostnader är arbetstid för butikspersonal, förstörda matvaror och förlorad försäljning till följd av ett fel. De vanligaste och/eller mest kostsamma feltyperna, enligt Arbetsrapport 2, var:

1. Kompressorer, som omfattade problem med olja och smörjning, elfel, trasig säkerhetsutrustning och olika säkerhetslarm.
2. Köldmediebrist.
3. Stopp i avlopp i kyl- och frysdiskar.
4. Problem med avfrostning av värmeväxlare (kylbatteri) och igenisning i kyl- och frysdiskar.

Syfte

Ta fram ett förslag på underhållsrutiner för ett mer organiserat och effektivt underhåll av kylsystem i livsmedelsbutiker och för att förebygga de vanligaste och mest kostsamma felen.

Metod

Arbetsrapport 1 och Arbetsrapport 2 låg som grund för Slutrapport 1. Arbetsrapport 1 användes för att ta fram ett förslag som riktar sig till livsmedelsbutiker och beskriver hur de kan organisera och systematisera sitt underhållsarbete. De fyra vanligaste och/eller mest kostsamma felen för kylsystem i livsmedelsbutiker, som identifierades i Arbetsrapport 2, analyserades närmare för att i denna del av projektet ge ett åtgärdsförslag hur de kan förebyggas. En analys genomfördes för att undersöka hur elbehovet för kylsystemet kan användas för att skapa en energiprofil, som säger något om anläggningens tillstånd. Under projektet fördes en diskussion med en arbetsgrupp om resultat och deras syn på drift och underhåll.

Resultat och slutsats

De feltyper som är vanligast och mest kostsamma och som lämpar sig bäst för förebyggande underhåll är först och främst:

- Köldmedieläckage, vilket leder både till ökade elkostnader och kostnader vid påfyllning. Orsaken till köldmedieläckage bör alltid undersökas och det finns kunskap om förbindningar och ventiler i branschen, som är olämpliga och inte bör

användas för att minimera köldmedieläckage. Mätning av el till kyl- respektive frysaggregaten kan hjälpa till att uppmärksamma när köldmedieläckage inträffar.

- Igenisning av kyl- och frysdiskar borde helt kunna elimineras, genom att kontrollera avfrostningstider och avfrostningens funktion, dvs. se till så all is och frost smälter och avleds från diskar vid avfrostning.
- Igensatta avlopp bör med rengöring av diskar kunna minskas drastiskt, åtminstone för kyldiskar framåt sommaren, eftersom dessa fel är vanligast förekommande då.
- Nedbruten olja och kompressorer som skärpå grund av detta. Regelbundna oljeanalyser och/eller oljebyten, som förhindrar haverier bör vara lönsamt då ett kompressorhaveri tillhör de dyraste felen att avhjälpa.
- Att hålla driften inom tillåtna driftområden för de olika komponenterna är ett nödvändigt krav, särskilt för kompressorn som annars går sönder.

Utöver detta bör livsmedelsbutikerna systematisera sitt underhållarbete genom att:

- Göra en riskbedömning av det befintliga kylsystemet för att undersöka hur mycket det kostar om driften faller bort.
- Skilja på åtgärder för att öka effektivitet och underhåll för att bibehålla funktionen. Det första ska motiveras utifrån lägre driftkostnad och det andra utifrån risker och kostnader i händelse av att något går sönder.
- Komma fram till ett lämpligt avtal med serviceföretaget, som även ska se över inställningar i kylsystemet, göra injusteringar samt ge åtgärdsförslag för att minska underhållskostnader.
- Göra en lista på t.ex. 10 vanliga fel och se till att kostnader för att åtgärda dessa dokumenteras och följs upp, Det ger underlag för kommande års underhållsbudget och underhållsplanering.
- Sätta in elmätare för åtminstone alla kompressorer, minst en mätare för frysaggregat och en för kylaggregat. Följa upp och rita en graf av elanvändningen som funktion av utomhustemperaturen för att kunna följa trender i elbehovet, och uppmärksamma om elanvändningen avsevärt ändrar sig från sina normala värden.
- Utföra rondering av kylsystemet, vilken lämpligen utförs av butikspersonal, som tillkallar serviceföretag då avvikelser upptäcks.
- Systematisera anläggningsdokumentation och skapa en driftsjournal.

Slutrapport 2 – Drift och underhållsprinciper tillämpbara för fastighetsvärmepumpar

Inledning

Resultatet av de intervjuer som genomfördes med personer som arbetar med drift och underhåll av fastighetsvärmepumpar i Arbetsrapport 3, var att de största problemen inte var enskilda fel eller stopp i värmepumpsdriften [5]. De mest vanliga och kostsamma felen gällande drift och underhåll av fastighetsvärmepumpar kunde därför inte identifieras. Svårigheterna låg istället i att få till stånd bra dimensionering, installation och idrifttagning av värmepumpar för att underlätta framtida drift och underhåll och sedan ha kunskap om hur värmepumpar ska styras och övervakas för att upprätthålla prestandan. Det krävs teknisk kompetens vid inköp av värmepumpar, styr- och övervakningsutrustning och service, vilket är svårt för mindre fastighetsföretag att ha internt i sin organisation.

Syfte

Ta fram ett förslag på underhållsrutiner för ett mer organiserat och effektivt underhåll av fastighetsvärmepumpar installerade hos mindre fastighetsföretag.

Metod

Arbetsrapport 1 användes för att ta fram ett förslag som riktar sig till mindre fastighetsföretag och beskriver hur de kan organisera och systematisera sitt underhållsarbete. Arbetsrapport 3 användes för att identifiera på vilka områden som mindre fastighetsföretag främst behöver mer information om gällande drift och underhåll av värmepumpar. Under projektet fördes en diskussion med en arbetsgrupp om resultat och deras syn på drift och underhåll.

Resultat och slutsats

Projektet resulterade i att en handbok skrevs som riktar sig till mindre fastighetsföretag, som har värmepumpar installerade i sina byggander eller funderar på att installera värmepumpar. Handboken innehåller information om hur drift och underhåll kan bedrivas samt aspekter att tänka på vid inköp, projektering och idrifttagning av värmepumpar för att underlätta framtida drift. Handboken återfinns i Bilaga 1 i Slutrapport 2 [7].

Viktiga aspekter som har identifierats under projektet och som en ägare av fastighetsvärmepumpar bör ta hänsyn till är:

- Riskbedömningar bör utföras som svarar på frågan vad stopp i värmepumpsdriften innebär kostnadsmissigt.
- Tillförlitlig indata vid projektering av värmepumpen är avgörande för en framtida gynnsam drift.

- Samordningsansvar vid projektering och idrifttagning bör finnas och ett funktionstest av byggandens tekniska installationer bör ske.
- Anläggningsdokumentation (ritningar, funktionsbeskrivningar, styrstrategier och driftfall, uppmärkning av objekt) ska krävas vid inköp och dokumentationen ska uppdateras under värmepumpens livslängd.
- Samtliga parameterinställningar vid idrifttagningen ska dokumenteras i ett igångkörningsprotokoll.
- Fördelning av drift- och underhållsarbetet mellan vad som ska skötas internt respektive externt. Skriv avtal med serviceföretag som gynnar båda värmepumpsägaren och serviceföretaget.
- Införa rondering som utförs av fastighetsskötaren och årlig översyn utförd av serviceföretag.
- Införa driftsjournal, i vilken varje utförd åtgärd och ändring av parameterinställning ska antecknas.
- Införa mätning av åtminstone el till värmepumpen och följa upp elanvändningen varje dygn i förhållande till dygnsmedeltemperaturen.
- Att ha ett mål med underhåll, identifiera resurser för underhållsarbetet och utarbeta strategier för att nå målet.
- Följa upp kostnader för drift och underhåll och skilja på modifieringar för förbättrad effektivitet och underhåll. Modifieringar ska återbetalas av sänkta driftskostnader och underhåll av minskade kostnader för att avhjälpa oplanerade fel och driftstopp.

Slutsatser

Underhållsarbete en fråga om organisation och systematik och kräver kunskap om anläggningarna och de fel som uppstår [3]. Systematik behövs för att få fram underlag över vilka underhållsåtgärder som är lönsamma. Kunskap behövs för att veta vad som orsakar felen och vad som är möjliga underhållsåtgärder. Att sänka kostnader för drift och underhåll är ständigt pågående projekt, där kunskap om anläggningarna och kostanden för drift och underhåll är basen för beslut.

När en ägare av ett kylsystem eller en värmepump köper en anläggning köper de en verkningsgrad och en kapacitet [7]. Det borde vara av intresse för en anläggningsägare att kontrollera anläggningens verkningsgrad vid idrifttagandet och följa den över tid. Ett enkelt sätt att följa energibehovet för anläggningarna är att införa mätning av elanvändningen för kyl- eller värmepumpsaggregaten [7]. Genom att rita en graf av elanvändningen som funktion av utomhustemperaturen, kan trender i elbehovet följas och en energiprofil för aggregatet skapas. Det går då att uppmärksamma om elanvändningen avsevärt börjar ändras sig från sina normala värden [6]. Ett ökat elbehov vid samma lastförhållande kan vara en indikation på att något är fel i anläggningen och orsaken bör undersökas.

Riskbedömning av vad det kostar ifall anläggningens drift faller bort är en viktig aspekt för att fatta beslut om drift och underhåll. Utfallet sätter ramen för vilka komponenter som bör ha förebyggande underhåll och vilka som bör ha avhjälpande. Utfallet kan även användas för att besluta vilka reservsystem som bör finnas och vilka inställningstider en servicetekniker bör ha för att kunna avhjälpa ett driftstopp [3]. Rondering av anläggningarna, där lukt, syn, hörsel och känsel används, är ett sätt att lära känna sina anläggningar och hur normala driftsförhållanden ser ut och upptäcka avvikelser i systemen. Kan eventuella avvikelser inte åtgärdas internt bör en servicetekniker tillkallas [6][7]. Finns inte kunskap om drift och underhåll av anläggningarna internt är det viktigt att knyta ett kunnigt serviceföretag till sig, som butiken eller fastighetsföretaget har förtroende för [5]. Detta serviceföretag bör årligen se över anläggningen och dess drift, samt ge ett förslag på åtgärder som kan sänka drift- och underhållskostnaderna.

Referenser

- [1] SVEP, 2011, Svenska Värmepumpföreningen, *Fler än en miljon värmepumpar i Sverige*, Pressrelease 2011-01-19, http://www.svepinfo.se/usr/svep/resources/filearchive/8/fler_an_1_miljon_varme_pumpar_i_sverige.pdf [2012-02-08]
- [2] Prakash, J.A. M., 2006, *Energy Optimisation Potential through Improved Onsite Analysing Methods in Refrigeration*, Master of Science Thesis, Department of Energy Technology, Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden
- [3] Rolfsman L., Larsson, K., 2014, *Drift och underhåll av kyl- och värmepumpssystem, Arbetsrapport 1 – Underhåll och underhållsprinciper i processindustrin*, SP Arbetsrapport 2014:2014:11, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås, Sverige
- [4] Rolfsman L., Larsson, K., 2014, *Drift och underhåll av kyl- och värmepumpssystem, Arbetsrapport 2 – Undersökning av vanliga och kostsamma fel hos kylsystem i livsmedelsbutiker*, SP Arbetsrapport 2014:2014:12, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås, Sverige
- [5] Rolfsman L., Larsson, K., 2014, *Drift och underhåll av kyl- och värmepumpssystem, Arbetsrapport 3 – Undersökning av vanliga problem med drift och underhåll av fastighetsvärmepumpar*, SP Arbetsrapport 2014:2014:13, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås, Sverige
- [6] Rolfsman L., Larsson, K., 2014, *Drift och underhåll av kyl- och värmepumpssystem, Slutrapport 1 – Drift och underhållsprinciper tillämpbara för kylsystem i livsmedelsbutiker*, SP Rapport 2014:2014:39, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås, Sverige
- [7] Rolfsman L., Larsson, K., 2014, *Drift och underhåll av kyl- och värmepumpssystem, Slutrapport 2 – Drift och underhållsprinciper tillämpbara för fastighetsvärmepumpar*, SP Rapport 2014:2014:40, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås, Sverige

Projektets vetenskapliga publikationer

Rolfsman, L., Larsson K., 2013, Failures of refrigeration systems in supermarkets, 2nd IIR International Conference on Sustainability and the Cold Chain, Paris, 2013

Projektets populärvetenskapliga publikationer och presentationer

Rolfsman, L., Larsson K., 2012, Drift och underhåll av anläggningar för kyla i livsmedelsbutiker, *KYLA+ Värmepumpar*, 2012 nr 5.