

## Appendix A:

### Beslutsstöd och systematisering av installationer

Följande systematisering och beslutsstöd är uppbyggt i ett antal nivåer: Ålder, applikation, maskinens dimensionering i applikationen, maskinens kretsutformning, installationens kretsutformning, och värmeväxlarytornas relativa storlek. Meningen är att man skall söka göra den konvertering av installationen som leder till bäst energi- och kostnadseffektivitet för brukaren. Bäst energieffektivitet ger i allmänhet bäst resultat ur ett miljöperspektiv, men behöver inte ge det bästa resultatet ur ett, för brukaren, ekonomiskt perspektiv. Konvertering av en installation betyder att man (kanske) gör mer än bara byter köldmedium.

#### *Varför konverterar man installationer*

En anledningen för ägaren att konvertera installationen kan vara att t.ex. kylmaskinen läcker eller kan förmodas läcka. Med det kommande påfyllnadsstoppet har man två alternativ: Att vänta tills maskinen verkligen läckt ut så mycket av fyllnadsmängden att en konvertering blir av nöden tvungen, eller konvertera installationen nu för att slippa risken att få ett driftstopp i en kritisk situation senare. En annan anledning kan vara företagets miljöpolicy. Det finns exempel på fastighetsägare med policyn att de inte skall ha några potentiellt miljöfarliga kemikalier i sina installationer för komfortkyla. Dessa väljer i allmänhet att byta ut sina kylmaskiner mot fjärrkyla installationer. På detta sätt flyttar de ut de potentiellt miljöfarliga kemikalierna från "sitt system" till producenten av fjärrkylas "system". Kemikalierna är inte längre deras problem.

I dag (hösten 2000) kostar en köldmediekonvertering i en kommersiell installation, anläggningsägaren ungefär 1000 kr/kg-köldmedium för anläggningar upp till 25-30 kg fyllning, och ungefär 700 kr/kg-köldmedium för maskiner med över 25-30 kg fyllning. För maskiner med fyllning under 2 kg får konverteringen ett betydligt högre kg-pris. Förutsatt att det endast är köldmediet, och vid behov oljan, som byts ut – inga andra ingrepp görs<sup>1</sup>. Priset påverkas också utav vilken typ av installation det rör sig om och naturligtvis tillkommer arbetskostnaden.

I köldmediekungörelsen sägs att det alternativ som ger minsta möjliga miljöpåverkan är det som skall väljas vid konstruktion och installation av värmepumpar och kylmaskiner. Detta är något som bör tillämpas även då "gamla" köldmedier skall fasa ut och befintliga installationer skall konverteras. Det alternativ som ger lägst miljöpåverkan kan vara en till den kompersordrivna förångningskylprocessen konkurrerande teknik.

Det är viktigt att komma ihåg, att under de senaste 10-15 åren har energieffektiviteten hos nya kylmaskiner och värmepumpar ofta ökat med 10-30%. En ny maskin ger således i allmänhet lägre driftkostnader än en gammal.

---

<sup>1</sup> Vid ett köldmediebyte kan ibland expansionsventilen eller dess dysa behöva bytas. Eventuella torkfilter byts ut mot nya.

# **Systematisering av installationer och maskiner**

## **1. Maskinens ålder**

### ***Gamla maskiner***

Är det överhuvudtaget lönt att göra några ingrepp i maskinen? Är maskinen gammal (t.ex. mot slutet av dess tekniska eller ekonomiska livslängd) kan det alternativ som ger bäst totalekonomi vara att byta ut maskinen mot en ny; ny maskin eller annan teknik.

### ***Halvgamla maskiner***

Tillhör maskinen ett segmentet halvgamla maskiner (t.ex. kring mitten av sin tekniska eller ekonomiska livslängd) kan ett byte av arbetsmedium vara intressant. Genom att byta arbetsmedium i maskinen kan man förlänga maskinens livslängd några år – resten av maskinens tekniska eller ekonomiska livslängd

### ***Nya maskiner***

Med maskiner som är installerade relativt nyligen kan man göra på två sätt: Antingen byter man arbetsmedium nu, i enlighet med företagets miljöpolicy eller för att slippa göra det senare när man kan befara att en konvertering blir dyrare på grund av större efterfrågan. Det andra alternativet är att vänta tills man ser ett tekniskt behov av att konvertera installationen, t.ex. för att maskinen faktiskt har tappat fyllning. Man kan naturligtvis tänka sig att man konverterar installationen i förebyggande syfte (jfr. Halvgamla maskiner).

### ***Skillnader mellan olika sorters ägare***

Det är viktigt att inse skillnaden mellan olika typer av anläggningsägare och deras förutsättningar. Förutsättningar att dels tekniskt förstå vad det hela rör sig om, samt deras olika ekonomiska förutsättningar. Det är stora skillnader mellan privatpersoner (t.ex. villaägare med en värmepump) och större företag. Det är också skillnad på företag vad gäller synen och behovet av slutprodukten (t.ex. lokalkyla), det interna tekniska kunnandet, företagets miljöpolicy, och vad företagets verksamhet.

## **2. Applikation**

Med applikation menas dels huruvida maskinen är en kylmaskin eller en värmepump, men också vilka (ofta outtalade) krav brukaren ställer på installationen. Olika verksamhet ställer olika krav på installationen, och därmed kylmaskinen och värmepumpen. De har olika krav driftekonomi, driftsäkerhet och investeringskostnad. Brukare med stora krav på driftsäkerhet är t.ex. Telia, OM-gruppen och Astra-Seneca. Ett bortfall av processkyla stoppar produktionen hos Astra-Seneca. Ett bortfall av kylning i datorhallar är oacceptabelt för t.ex. OM och Telia. Hos en ägare av kontorsfastigheter kan driftekonomin viktigare en absolut driftsäkerhet; även om kunder kan ha stora krav på driftsäkerhet i t.ex. kylning av datorhallar, kan man ibland acceptera ett bortfall av komfortkyla. För t.ex. villaägaren med en värmepump är i allmänhet investeringskostnaden styrande. Detta påverkar alltså vad som är att betrakta som maskinens applikation.

## **3. Maskinens dimensionering i applikationen**

Värmepumpar, i synnerhet villavärmepumpar, är vad gäller värmeeffekt dimensionerade att täcka knappt 50% av det maximala effektbehovet. Trots att man bara täcker halva effektbehovet får man 80-90% täckning av det årliga värmebehovet. Om man beslutar sig för att endast

göra ett byte av arbetsmedium<sup>2</sup> (vilket sannolikt är vad de flesta villavärmepumpägare kommer att välja, eftersom detta ger en rimligt låg investeringskostnad) kommer maskinen tappa antingen värmeeffekt och/eller energieffektivitet. När hela huset betraktas som ett system inses att detta leder till höjda årliga driftkostnader för brukaren eftersom det leder till antingen färre kWh värme per kWh tillförd elektricitet eller fler kWh tillförd spetskapacitet p.g.a. ett 5-40 procentigt värmeeffektbortfall.

För kylmaskiner är situationen annorlunda. Kylmaskiner är i allmänhet mer eller mindre överdimensionerade i sin applikation, lite beroende på vad de används till. 50-100 % överdimensionering avseende maskinens kapacitet är inte ovanligt i lokal- och komfortkylasammanhang. Här kan sänkt kapacitet ofta accepteras, eftersom t.ex. många vätskekylaggregat har korta årliga gångtider. Hur stor kapacitetsförlust som accepteras varierar naturligtvis mellan olika installationer, och brukare och anläggningsägare.

Alla de på marknaden tillgängliga ersättningsköldmedierna för R22-maskiner, resulterar i mer eller mindre kraftigt förändrad driftkaraktistik. Exakt hur de påverkar effekt, energieffektivitet etc beror på dels maskinens och installationens kretsutformning, men även hur dess värmväxlarytor är dimensionerade.

#### **4. Maskinens kretsutformning**

Om man beslutat sig för att utföra ett byte av kylmaskinens eller värmepumpens arbetsmedium kan man påverka utfallet av en köldmediekonvertering genom att ändra maskinens kretsutformning. De arbetsmedier som är behäftade med en stor strypförlust, t.ex. R417A och R404A, kan vinna mycket både vad gäller kapacitet och energieffektivitet om man bygger till en suggasvärmväxlare.

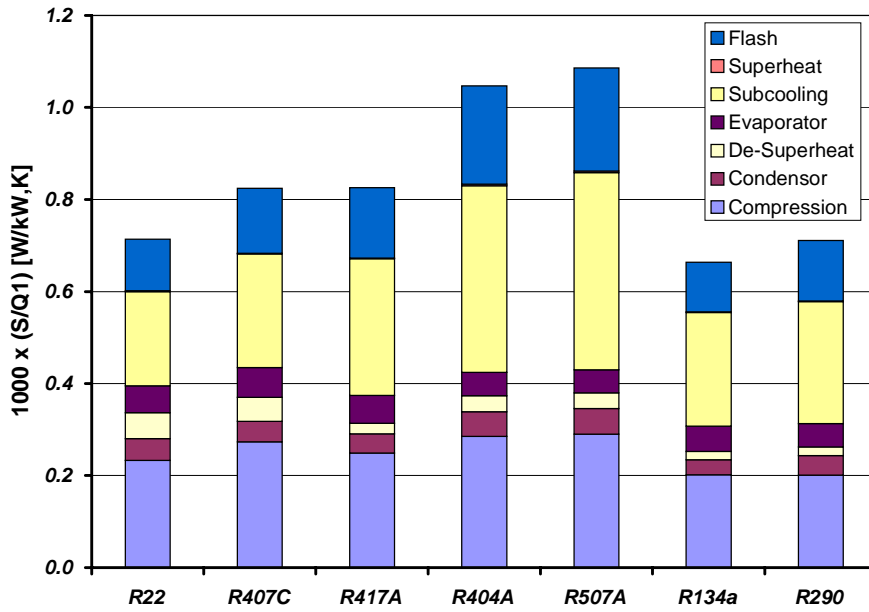
Suggasvärmväxlaren leder i första hand till att kyleffekten ökar utan att mer av kondensorns area tas i anspråk för underkylning. Köldmedier med stor strypförlust har istället låg kompressionsförlust, vilket gör att den i allmänhet ökade överhettningen inte leder till någon större ökning vad gäller kompressorns effektbehov. Följden blir i det allmänna fallet att anläggningens energieffektivitet ökar något. Att komplettera en vätskekylare i 30kW-klassen med en suggasvärmväxlare kostar i storleksordningen 10kkr inklusive arbete (hösten 2000), lite beroende på ursprunglig kretsutformning.

I figurerna A:1 och A:2 redovisas resultat från en simulering av en vanligt förekommande svensk bergvärmepump. När förlusterna (entropiproduktionen, S) vägs mot värmekapaciteten, Q1, ser man tydligt att hur förlusternas storlek och fördelning varierar med valet av ersättningsmedium i en given maskin. Man ser tydligt att R404A, R507A och R417A sannolikt skulle vinna i energieffektivitet på att man vid köldmediebytet installerar en suggasväxling (vilket kanske inte är så intressant att göra av detta skäl i just en värmepump).

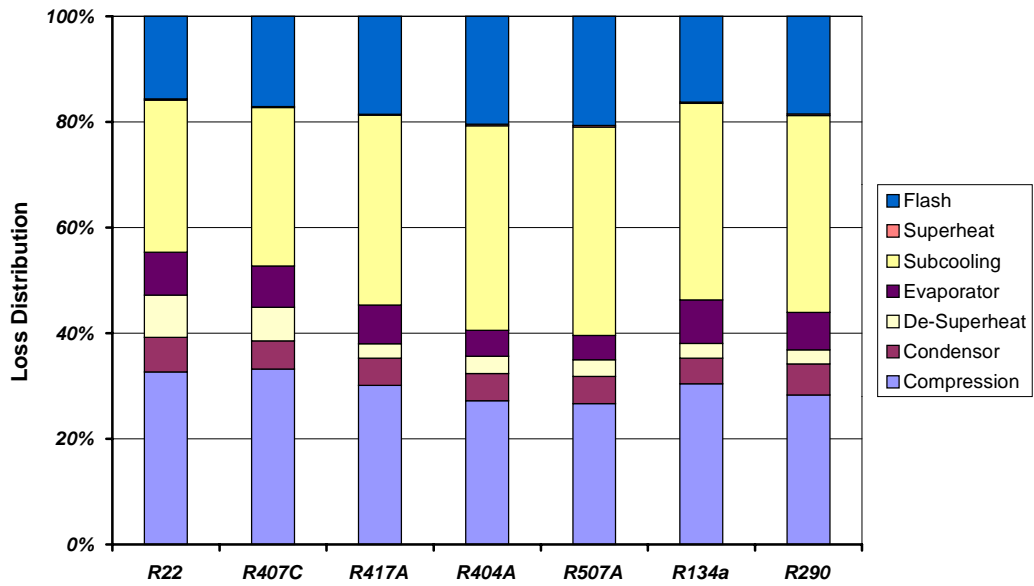
I vissa fall ser kanske förlusterna stora ut. Detta beror bl.a. på överlagrade fenomen, som att ökad kapacitet ger större temperaturdifferenser, vilket ger större förluster i värmväxlarna, men det leder också till större tryckförhållande (temperaturlyft), vilket leder till större stryp- och kompressionsförlust. Till detta kommer förluster kopplade till köldmediets eventuella temperaturglide.

---

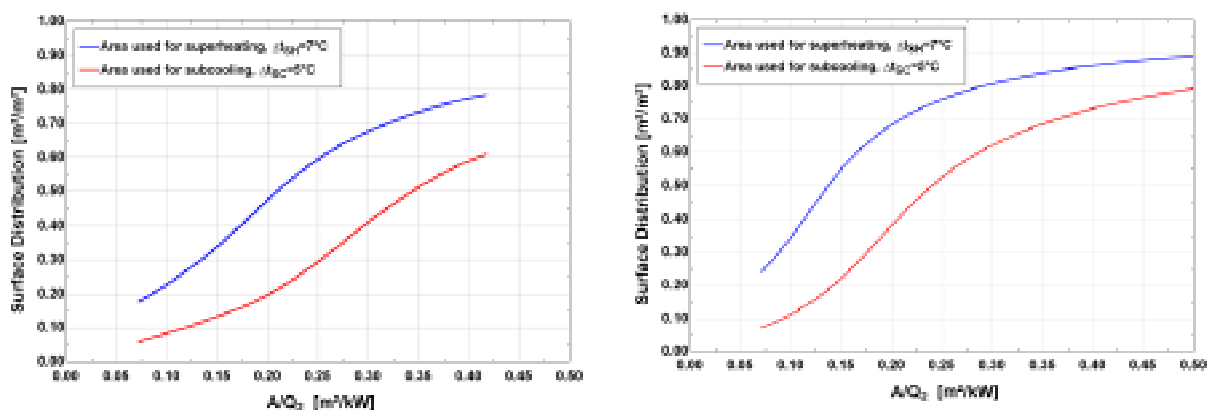
<sup>2</sup> Vilket inbegriper byte av torkfilter, och ibland olja och expansionsventil eller dysa.



Figur A:1 Ersättningsmediernas termodynamiska egenskaper gör att de olika förlusterna blir olika stora i en given maskin. I detta exempel har en vanlig svensk bergvärmepump simulerats.



Figur A:2 Förlustfördelning. Förlusterna vägda mot den totala entropiproduktionen.



Figur A:3 Ytfördelning vid olika ytbelastning. I modellen hålls värmeväxlarytorna konstanta, belastningen varieras med kompressorns slagvolymflöde. Vänster: R22. Höger: R407C.

### ***Olämpliga val av ersättningsmedium avseende kretsutformning***

Maskinens kretsutformning påverkar även vissa arbetsmediers lämplighet som arbetsmedium i en given maskin. Av de på marknaden förekommande zeotropa köldmedieblandningarna är två direkt olämpliga att använda i två-stegsprocesser: R407C och R417A. Båda är behäftade med så stor temperaturlide att, de till detta kopplade fenomenen, kan leda till kraftigt försämrade prestanda – rent av med haveririsk som följd. I dessa fall kan endast R134a, samt R404A och R507A i de fall kondenseringstemperaturen inte är för hög för något av dessa medier, rekommenderas som ersättningsköldmedier.

Vid vissa kretsutformningar kan oljeåterföringen bli ett problem om vissa medier väljs som ersättare för R22. Kylmaskiner med långa sugledningar kan vara mindre lämpade att konverteras till R417A. Särskilt om systemet har stor oljefyllning relativt köldmediefyllningen. Risken är i det fallet att man inte får till baka tillräckligt med olja till kompressorn, utan att denna stannar i förångaren. Står maskinens kondensor, eller en receiver, kallt finns risken att oljan stannar i kondensorn, alternativt receivern.

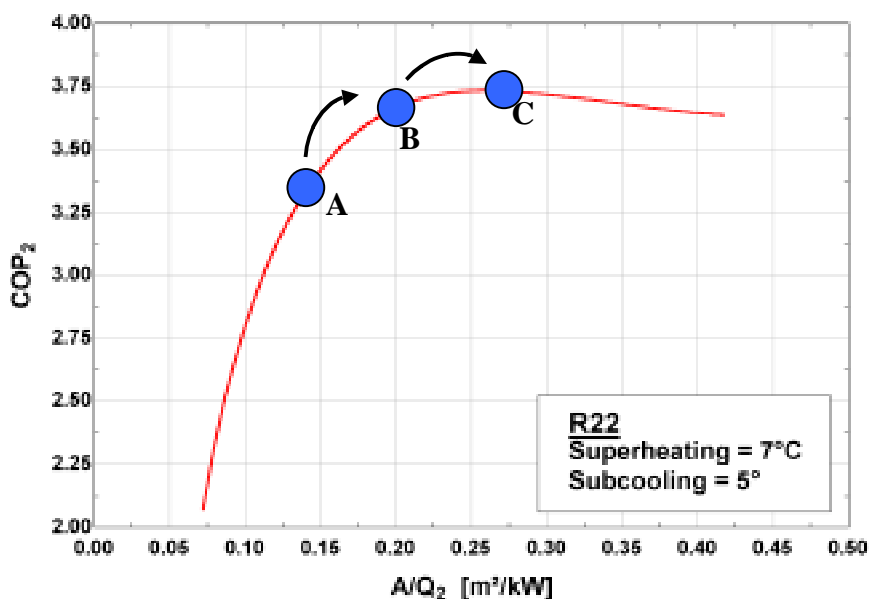
## **5. Installationens kretsutformning**

Denna kan vara intressant att påverka för att kompensera för en kapacitetsförlust. När det gäller kylinstallationer rör det sig i huvudsak om att försöka sänka kondenseringstemperaturen. Denna sänks genom att kylmedlets returtemperatur sänks. Returtemperaturen kan sänkas genom att t.ex. ytterligare kylmedelskylare installeras. Man kan också välja att kyla maskinens kondensor med vatten från ett eventuellt fjärrkylanäts returledning eller i vissa fall sjövattnet. Genom att sänka kondenseringstemperaturen upp till 10°C kan en stor del av ett kapacitetsbortfall, p.g.a. ett visst val av ersättningsmedium, kompenseras.

## **6. Värmeväxlarytornas relativa storlek**

Det är vanligt att en kylmaskin eller värmepump får högre energieffektivitet (COP) om man byter ut köldmediet till ett som ger lägre kapacitet (kyl-/värmeeffekt). Hur stor denna effektivitetsökning blir, om den alls uppkommer, beror på dels hur maskinens värmeväxlarytor ursprungligen var dimensionerade, och om man som ägare kan tänka sig att bygga om maskinen med t.ex. en suggasvärmeväxlare.

Man kan betrakta en maskin utifrån dess relativa storlek på de värmeväxlande ytorna. En maskin med små relativa värmeväxlarytor har hög yteffekt per  $m^2$  – få  $m^2$  per kW. P.s.s. gäller det att en maskin med låg yteffekt per  $m^2$  – många  $m^2$  per kW – har stora relativa värmeväxlarytor. Stora ytor ger små temperaturdifferenser, och små ger stora differenser; t.ex. ingående-temperaturdifferenser. Vid maskinens ursprungliga dimensionering har värmeväxlarnas storlek (idealt) valts efter ekonomiska temperaturdifferenser för den uppskattade årliga gångtiden. (Det är emellertid långt ifrån säkert att så är fallet.) Den eventuella effektivitetsvinsten kommer av att en lägre ytbelastning kan ge mindre temperaturdifferenser mellan köldmedium och sekundärsidan av värmeväxlingen. Den mindre temperaturdifferensen leder i sin tur till ett mindre temperaturlyft från förångare till kondensor, vilket ger högre COP. Huruvida man verkligen får minskade temperaturdifferenser i värmeväxlarna beror på dessas relativa storlek, huruvida ersättningsmediet är behäftat med temperaturglide, systemets fyllnadsmängd, och överhettningens storlek.



**Figur A:4 Med ursprungligen stora relativa värmeväxlarytor blir vinsten i effektivitet, COP, liten då maskinens kapacitet sänks.**

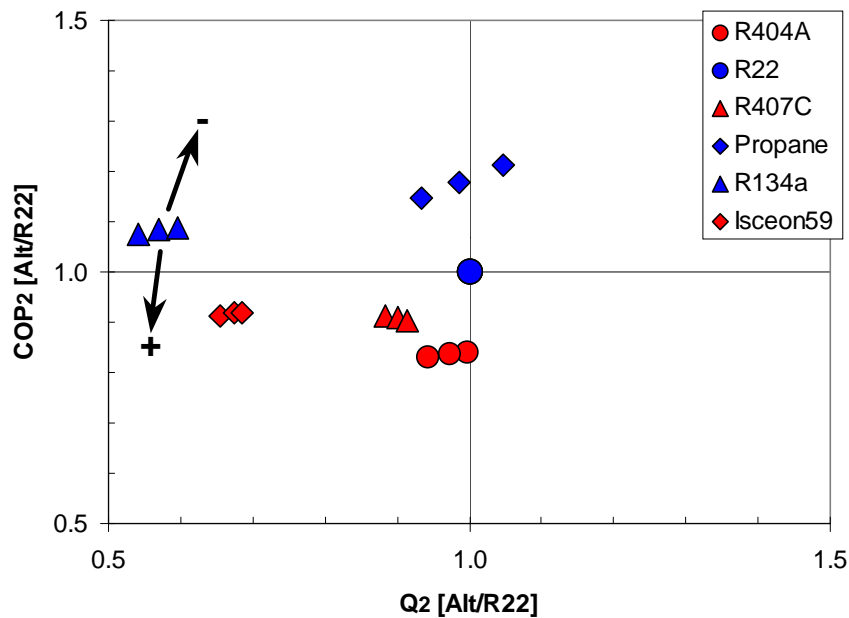
I figur A:4 ges en tolkning av en utebliven effektivitetsökning trots sänkt yteffekt. En maskin med relativt små värmeväxlare kan beskrivas med punkten A i figur A:4. Om man konverterar maskinen till ett arbetsmedium som resulterar i sänkt kyleffekt blir värmeväxlarytornas relativa storlek större – fler  $m^2$  per kW. Vi har då rört oss ifrån punkten A till punkten B; COP ökar. Om maskinen från början haft stora värmeväxlarytor – fler  $m^2$  per kW – hade vi kanske från början befunnit oss i punkten B. Om man då sänker yteffekten ytterligare hade vi rört oss till punkten C, och därmed inte vunnit något i ökad effektivitet, COP.

### Små värmeväxlare

I de fall maskinen är försedd med små värmeväxlare, och inga andra ingrepp görs utom köldmediebytet, kommer man i allmänhet få en ökad effektivitet då man sänker maskinens kapacitet genom att t.ex. byta ur R22 mot R134a och i vissa fall R417A. Små värmeväxlarytor är relativt vanligt i kylmaskinsammanhang.

### Stora värmeväxlare

Om maskinen är försedd med stora värmeväxlare görs mycket små vinster vad gäller effektivitet (ökat COP) om man väljer ett alternativ som sänker kyleffekten, utan att göra andra ingrepp i kretsutformningen.. Det är framförallt på förångarsidan begränsningarna sitter: Systemet behöver en viss överhettning för att gå stabilt, och vid motströmsvärmeväxling kan inte gärna den ingående-temperaturdifferensen vara mindre än överhettningen. Detta gör att den andel av förångaren som används för överhettning kommer att öka p.g.a. mindre drivande temperaturdifferens mellan köldmedieånga och ingående kölbärare. Stora värmeväxlare är mindre vanligt än små. Jfr. figur A:3 och figur A:5.



Figur A:5 Om maskinen har små värmeväxlare (-) ger ett köldmedieval som sänker t.ex. kyleffekten höjt COP. Om maskinen i stället är försedd med stora värmeväxlare (+) blir vinsten mindre, kanske ingen alls.