

# **Undersökning av alternativ till R404A – det vanligaste köldmediet i svenska livsmedelsbutiker**



**”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*

# **Undersökning av alternativ till R404A – det vanligaste köldmediet i svenska livsmedelsbutiker**

## **Evaluation of alternatives to R404A – the most common refrigerant in Swedish grocery stores**

Ola Gustafsson, Lennart Rolfsman, Sara Jensen

År: 2015

BP07-2

## Beställargruppens medlemmar



Axfood AB



Bergendahls Food AB



City Knalleland



ICA AB



COOP Fastigheter



Max Hamburgerrestaurang



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

F-gasförordningen som trädde i kraft 1 januari 2015 kommer i praktiken leda till att köldmediet R404A fasas ut inom några år. Detta projekt har med hjälp av en teoretisk modell undersökt några alternativa köldmedier till R404A i en frysapplikation i en livsmedelsbutik och resultaten indikerar att energiförbrukningen blir bättre med samtliga alternativ. De olika alternativen DX R407F, DX R448A, Indirekt R290 (propan) och DX R744 (CO<sub>2</sub>) sprider sig dock ordentligt i investeringskostnader. De två förstnämnda kallas ibland för drop-in alternativ och med det menas att R404A i princip kan bytas rätt av mot dem med låga investeringskostnader som följd. Däremot kommer R407F och R448A precis som R404A sannolikt att fasas ut på grund av F-gasförordningen, dock lite senare då deras GWP är lägre än R404A. De två andra alternativen som undersökts, R290 (propan) och R477 (CO<sub>2</sub>) har ett GWP på 3 respektive 1 och kommer därmed inte att påverkas av F-gasförordningen. Dessa alternativ innebär dock en helt annan investeringskostnad än de övriga två alternativen men kan vara ekonomiskt fördelaktiga på lång sikt.

**Nyckelord:** Köldmedium, F-gasförordningen, frysdisk, R404A, modell

## Summary

F-Gas Regulation, which came into effect on 1 January 2015, in practice lead to phase out of refrigerant R404A within a few years. This project used a theoretical model to investigate some alternative refrigerants for R404A in a freezer application in a grocery store, and the results indicate that energy consumption will be better with all the options. The different options R407F DX, DX R448A, Indirect R290 (propane) and DX R744 (CO<sub>2</sub>) spreads, however, firmly in the investment costs. The first two are sometimes called drop-in options, and that means that R404A in principle can be exchanged directly against those, resulting in low investment costs. However, R407F and R448A are likely to be phased out because of F-Gas just as R404A. Probably this will happen slightly later since their GWP is less than R404A. The two other alternatives examined, R290 (propane) and R477 (CO<sub>2</sub>) have GWP of 3 and 1 respectively and will therefore not be affected by the F-Gas Regulation. These alternatives, however, come with completely different investment costs than the other two options but can be economically beneficial in the long run.

**Keywords:** Refrigerant, F-gas regulation, freezer display cabinet, R404A, model

## 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

### Kommentar till Kapitel 3 - Genomförande

Författarna till denna rapport har medvetet valt att hålla stycket där modellen beskrivs (kapitel 3.1) relativt kort. Information såsom ekvationer och detaljerade antaganden har därmed utelämnats. Om information önskas utöver vad som presenteras i denna rapport rekommenderas kontakt med författarna och då i första hand Ola Gustafsson via [ola.gustafsson@sp.se](mailto:ola.gustafsson@sp.se).

# Innehållsförteckning

<b>Sammanfattning</b> .....	<b>4</b>
<b>Summary</b> .....	<b>4</b>
<b>Förord</b> .....	<b>5</b>
<b>Innehållsförteckning</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Projektbeskrivning</b> .....	<b>7</b>
1.1 Syfte och mål.....	7
1.2 Avgränsningar .....	7
1.3 Metod.....	7
<b>2 Bakgrund</b> .....	<b>8</b>
2.1 F-gasförordningen.....	8
2.2 Möjliga alternativ till R404A.....	8
2.2.1 Referenssystem.....	9
2.2.2 Byte till R407F .....	9
2.2.3 Byte till R448A.....	9
2.2.4 System med 1234ze .....	9
2.2.5 Indirekt system med propan (R290) .....	9
2.2.6 Direkt system med CO <sub>2</sub> (R744).....	10
<b>3 Genomförande</b> .....	<b>11</b>
3.1 Modell .....	11
3.2 Kostnadsuppskattning.....	12
<b>4 Resultat</b> .....	<b>13</b>
4.1 Energiprestanda för olika systemlösningar.....	13
4.2 Investeringskalkyl för olika systemlösningar .....	13
<b>5 Slutsatser och Diskussion</b> .....	<b>15</b>
<b>6 Rekommendationer och fortsatt arbete</b> .....	<b>15</b>
<b>7 Litteraturreferenser</b> .....	<b>15</b>
<b>Bilaga A. Energiförbrukning hos alternativa R404A- kompressorer/ uppsättningar</b> .....	<b>17</b>

# 1 Projektbeskrivning

På grund av den uppdaterade F-gasförordningen kommer köldmediet R404 inom ett fåtal år inte vara ett reellt alternativ för befintliga kyl- och fryssystem i livsmedelsbutiker. Däremot finns flera andra köldmedier och systemlösningar som kan ersätta R404A. Detta projekt syftar till att utvärdera några av dessa alternativ från en ekonomisk ståndpunkt. Detta görs genom en uppskattning av investeringskostnader samt att energiförbrukningen för de olika alternativen har analyserats med hjälp av en teoretisk modell. Endast fryssystem har analyserats i detta projekt.

## 1.1 Syfte och mål

Syftet med detta projekt är att:

- Definiera investeringskostnad och driftskostnad för några olika typer av fryssystem med andra köldmedier än R404A.
- Ta fram beslutsunderlag inför nyinvestering för innehavare av R404A-baserade fryssystem.

## 1.2 Avgränsningar

I detta projekt har följande avgränsningar använts:

- Endast fryssystem har analyserats. Kyldiskar har uteslutits ur analysen för att minska antalet systemlösningar som skulle undersökas.
- Energiförbrukningen har estimerats med hjälp av en teoretisk modell som baserats på andra modeller samt erfarenheter hos projektdeltagarna samt expertis inom området.
- Årskostnaden har endast baserats på energiförbrukningen hos fryssystemet och ej på eventuella servicekostnader mm.
- Optimerade kondenserings- och förångningstemperaturer har antagits vilket medfört optimerad drift för fryssystemet.
- Ett fryssystem med ammoniak skulle kunna vara ett möjligt alternativ till R404A. Dock har det ej analyserats i denna rapport då författarna inte erhållit tillräcklig med information för att kunna utvärdera drift- och investeringskostnad. Författarna bedömer att det saknas information inom installationsledet om ammoniaksystem och att det inte finns några färdiga aggregat för den här typen av installation på den svenska marknaden.

## 1.3 Metod

Metoden för att nå målet i detta projekt har varit teoretisk modellering samt samarbete med kylleverantörer för att erhålla nödvändig data. Metoden beskrivs mer i detalj i genomförandekapitlet nedan.

## 2 Bakgrund

I livsmedelsbutiker används det idag två typer av kylsystem, direkt och indirekt. Båda dessa system behöver köldmedier för att driva kylprocessen. Idag är R404A är det vanligast förekommande köldmediet i svenska livsmedelsbutiker. R404A är ett HFC-köldmedium som omfattas av F-gasförordningen som trädde ikraft den 1 januari 2015. Syftet med den nya F-gasförordningen är att minska klimatpåverkan av köldmedier och kommer genom olika verktyg styra marknaden mot köldmedier och systemlösningar med lägre Global Warming Potential (GWP).

Det finns idag köldmedier som inte omfattas av F-gasförordningen och som därför är lämpliga som alternativ till R404A, några av dessa är: HFO, koldioxid, ammoniak och kolväten. Det kommer även finnas blandningar av HFC-HFO som kommer att kunna användas i befintliga system under en övergångsperiod, men kostnaden för dessa medier kommer att öka i takt med utfasningen. De andra köldmedierna som finns att tillgå – koldioxid, ammoniak och kolväten – kräver i de flesta fall att hela köldmediekretsen måste nyinstalleras. Det innebär stora investeringar för butikerna, investeringar som ändå kan komma att vara ekonomiskt försvarbara. Detta därför att de så kallade drop-in alternativen (R407F och R448), som i praktiken troligvis bara kommer kunna användas i ca 10 år till, kommer tvinga fram ombyggnad av kylsystemet vid ett senare tillfälle.

### 2.1 F-gasförordningen

1 januari 2015 trädde den nya F-gasförordningen i kraft. Det huvudsakliga syftet med förordningen är att skydda miljön genom att minska utsläppen av fluorerande växthusgaser (F-gaser) i Europa. Förordningen inkluderar ett kvotsystem som trappstegsvis enligt Tabell 1 kommer att minska förbrukningen av F-gaser. År 2030 då förbrukningen ska vara nere i 21% jämfört med 2015 års nivå. Detta kommer mycket snart leda till brist på köldmedier med högt GWP såsom R404A vilket är en av vanliga köldmedierna i kyl- och frysanläggningar. Även köldmedier som har ett medelhögt GWP kommer med stor sannolikhet bli för dyra för att användas så snart nedfasningen passerat nivån för det aktuella köldmediet (tex år 2023 för ett köldmedium med GWP på 1035). F-gasförordningen kommer dessutom innebära högre krav på täta läcksökningar samt påfyllnadsstopp av köldmedier med GWP över 2500 år 2020. I praktiken kommer detta innebära att system med R404A (GWP=3922) inte kommer att kunna servas efter år 2020 [1].

Tabell 1. Nedfasningsplan av f-gaser.

Year	Phase down %	Average GWP
2015	100%	2300
2016 - 17	93%	2139
2018 – 20	63%	1449
2021 – 23	45%	1035
2024 - 26	31%	713
2027 - 30	24%	552
2030	21%	483

### 2.2 Möjliga alternativ till R404A

I detta projekt har ett antal olika alternativ till ett R404A system undersökts. I detta stycke beskrivs kort egenskaper hos alternativen samt vilken ombyggnation som krävs vid ett byte från R404A. I



Tabell 2 beskrivs några av egenskaperna hos de alternativa köldmedierna. På grund av F-gasförordningen kommer troligtvis inte köldmedierna med högt eller medelhögt GWP (R404A, R407F, R448A) vara långsiktiga alternativ för fryssystem i livsmedelsbutiker.

Tabell 2. Några egenskaper för de alternativa köldmedierna.

	<b>HFC R404A</b>	<b>HFC R407F</b>	<b>HFC-HFO R448A</b>	<b>HFO 1234ze</b>	<b>Kolväte Propan R290</b>	<b>Koldioxid R744</b>
Klimatpåverkan (CO <sub>2</sub> ekvivalent)	3922	1824	1273	6	3	1
Brännbarhet	Icke brännbar	Icke brännbar	Icke brännbar	Lite brännbar	Brännbar	Icke brännbar
Kan användas i system för R404A	-	Ja	(Ja)	Nej	Nej	Nej

### 2.2.1 Referenssystem

Ett vanligt fryssystem i svenska livsmedelsbutiker är ett direkt R404A-system. Därför har ett sådant system valts som referens och utgångspunkt vid byte av köldmedium eller byte av hela frysanläggningen i detta projekt. Fryssystemet i en livsmedelsbutik i Borås har delvis använts som exempel för att kunna jämföra prestanda hos kylmaskinen och frysdiskar samt för att uppskatta kostnader för olika investeringsalternativ. Kylmaskinen i denna butik består av två parallellkopplade kompressorer (Bitzer 6F-40.2Y) och frysdiskar från Arneg. Sen man satte lock på diskarna i butiken har kylbehovet minskat drastiskt varför kyleffekten från en kompressor allra oftast är tillräcklig. Författarna till denna rapport bedömer att denna situation återfinns i en stor del av de svenska livsmedelsbutikerna.

### 2.2.2 Byte till R407F

När R404A byts mot R407F kan det befintliga kylsystemet behållas (kompressorer, rördragning, köldmediekylare mm). Dock måste expansionsventilerna i frysdiskarna bytas vilket i sammanhanget är en billig åtgärd. Detta alternativ innebär därmed i dagsläget låga investeringskostnader men medför samtidigt en risk att man inom en 10 årsperiod sannolikt måste byta köldmedium igen då R407F blivit för dyrt tack vare nedfasningen av F-gaserna. Då måste troligen hela köldmediekretsen tillsammans med kylmaskinerna bytas vilket innebär en större betydligt större investering.

### 2.2.3 Byte till R448A

Enligt leverantör kan man i vissa fall byta R404A till R448A utan att byta kompressor. Dock beror detta på kompressormodellen. I detta projekt har vi räknat med att man byter en kompressor (och verifierar att denna täcker kylbehovet) men att övriga delar i kylsystemet kan behållas. Detta medför en något högre investeringskostnad jämfört med R407F, men man ställs ändå inför samma problematik. Troligen måste kylsystemet inkl. köldmedium helt bytas inom en 10 års period.

### 2.2.4 System med 1234ze

För rena HFO-köldmedier såsom 1234ze finns ännu inte kommersiellt tillgänglig utrustning (kompressorer) enligt leverantör. Därför har inte detta alternativ undersökts vidare inom detta projekt.

### 2.2.5 Indirekt system med propan (R290)

Byte från R404A till propan kräver att hela köldmediekretsen byts ut. Eventuellt kan de befintliga rördragningarna behållas, men då måste vätskeledningen isoleras. Gör man inte detta på plats är det

troligtvis mest lönsamt att byta ut den. Den lösning som analyserats i detta projekt är ett indirekt system med en propandrivna kylmaskin (en kompressor) och ett pumpat CO<sub>2</sub>-system för att distribuera kylan till frysdiskarna. Energiförbrukningen för pumpen i det indirekta systemet är väldigt låg och bedöms försumbar i förhållande till de andra energiförbrukarna. Frysdiskarna modifieras genom att expansionsventiler och kapillär rör byts mot ett fördelarrör. Alternativt byts hela frysdiskarna ut, men det innebär en betydligt större investeringskostnad och bör kanske i så fall göras av andra anledningar än köldmediebytet. Byte till ett indirekt propansystem är betydligt mer kostsamt än för R407F och R448A men man har å andra sidan ett system som man med stor sannolikhet kan behålla under en betydligt längre period.

### **2.2.6 Direkt system med CO<sub>2</sub> (R744)**

Precis som för propanalternativet kräver ett byte till CO<sub>2</sub> att hela kylkretsen byts ut. För att nå tillräckligt hög kondenseringstemperatur (över 35°C vid vissa tillfällen) krävs ett så kallat booster-system med en subkritisk kompressor och en transkritisk kompressor (CO<sub>2</sub> går över till transkritiskt tillstånd vid 31°C). I ett CO<sub>2</sub>-system så används med fördel inte en köldmediekylare utan en gaskylare som direktkyler gasen från den transkritiska kompressorn. Precis som för propanfallet så innebär ett byte till CO<sub>2</sub> en betydligt större investeringskostnad än för R407F och R448A men man har å andra sidan ett system som man med stor sannolikhet kan behålla under en betydligt längre period.

## 3 Genomförande

Inom detta projekt har ett antal olika fryssystem med olika köldmedium undersökts. Ett system med R404A har använts som referens. En modell har byggts upp med syfte att beräkna driftskostnader (genom att beräkna driftenergi) för de olika systemtyperna. Utöver detta har investeringskostnaderna för de olika typerna av systemlösningarna undersökts. Fryssystemet i en livsmedelsbutik i Borås har delvis använts som exempel.

### 3.1 Modell

Kylbehovet hos en frysdisk kommer av transmissionsförluster mot omgivande luft, infiltration av luft in i disken samt belysning, fläktar, avfrostning och varma varor. Luften som infiltreras behöver kylas ner till disktemperaturen och den fukt som den bär med sig kondenseras ut. Vid varma dagar då luften innehåller mycket fukt kan det sistnämnda stå för en stor del av kylbehovet. Installation av dörrar på kyl- och frysdiskar gör framför allt att infiltrationen minimeras vilket leder till att kylbehovet för utkondensering av fukt minskas.

Modellen som utvecklats inom detta projekt använder klimatdata från Meteonorm (simulerade timvärden baserade på 30 års klimatdata för flertalet orter i Sverige) [3]. Utetemperatur och luftfuktighet räknas om till klimat inuti butiken för varje timme under året. Modellen tar inte hänsyn till en eventuell AC anläggning i livsmedelsbutiken utan antar att all fukt som finns i uteluften når luften inomhus. Resultatet för modellen överskattar därmed elanvändningen till fryssystemet i butiker som är luftkonditionerade.

Information om dimensionerande kyleffekt hos frysdiskarna kommer från tillverkaren av frysdiskar Arneg och räknas om från ISO2 klimat (testklimat vid utvärdering av frysdiskar) till det aktuella klimatet i butiken. Inverkan av fukt beräknas med hjälp av en metod beskriven av Howell [2] men med en justering pga av lockens inverkan på klimatet inuti frysdiskarna. Butiken antas vara öppen mellan 7 och 22 och locken antas öppnas med en viss frekvens under de tider butiken är öppen och helt stängda (dvs. minimerad infiltration) under de timmar butiken är stängd.

Temperaturdifferenser och temperaturändringar i värmeöverföringssteg mellan kondensor, värmebärare och köldmediekylare antas. Samma gäller för förångare och frysdiskar. Beroende på om systemet är direkt eller indirekt antas olika temperatur och tryckförluster i rörledningarna till frysdiskarna. Klimatdata, infiltration (påverkan av fukt) samt temperaturdifferenser i värmeöverföringsstegen leder slutligen till en förångnings- och kondenseringstemperatur för kompressorn.

Verkningsgraden (COP) för kylmaskinerna har beräknats genom att använda kompressordata från Bitzer. Köldmedium, önskad underkylning, överhettning och nyttig överhettning har matats in i Bitzers dimensioneringsprogram (<https://www.bitzer.de/websoftware/>) och en lämplig kompressor har valts. För den specifika kompressorn har sedan mjukvaran tagit fram polynom som ger kapacitet och eleffektbehov för varierande förångnings- och kondenseringstemperaturer. Detta polynom har sedan används i modellen och för varje timme räknat ut levererad kylenergi samt elenergibehov hos kylmaskinen. Dessa data summeras sedan för hela året. Enda undantaget från denna metod (data från Bizer) är för den transkritiska delen av CO<sub>2</sub>-systemet vilket är uppbyggt av en subkritisk- och en transkritisk kompressor. COP för den transkritiska kompressorn uppskattas enligt en kurvanpassning av prestandan hos en CO<sub>2</sub>- kompressor i transkritisk drift. Metoden beskrivs i detalj i en rapport av Arias [3].

En köldmediekylare med lämplig kapacitet från AIA valdes och dess produktdata har använts i modellen föra att uppskatta energiförbrukningen för fläkten (ca 1 kW nominell eleffekt) i köldmediekylaren. Nominell eleffekt hos värmebärarpumpen antogs vara 1,2 kW. Fläkt och pumpeffekt har antagits variera proportionellt mot dellastförhållandet hos kylmaskinen.

Driftskostnaden räknades slutligen ut för varje köldmedium (med tillhörande kylsystem) genom att summera energiförbrukning från kylmaskin, köldmediekylare, värmebärarpump och hjälpsystemen i frysdiskens vilket består av fläktar, avfrostningsfunktion, belysning och antimistfunktion. Elpriset antogs vara 1 kr/kWh.

### **3.2 Kostnadsuppskattning**

För att uppskatta kostnaden för de olika köldmedialalternativen har kontakt tagits med leverantör för relevant kylutrustning. Leverantören har god kännedom om den livsmedelsbutik i Borås som delvis använts som exempel inom detta projekt. Leverantören har fått information om vilka de olika alternativa köldmedierna som undersöks är och har därefter bidragit med information om vilka åtgärder som behövs göras för respektive alternativ tillsammans med en uppskattning av material- och arbetskostnad.

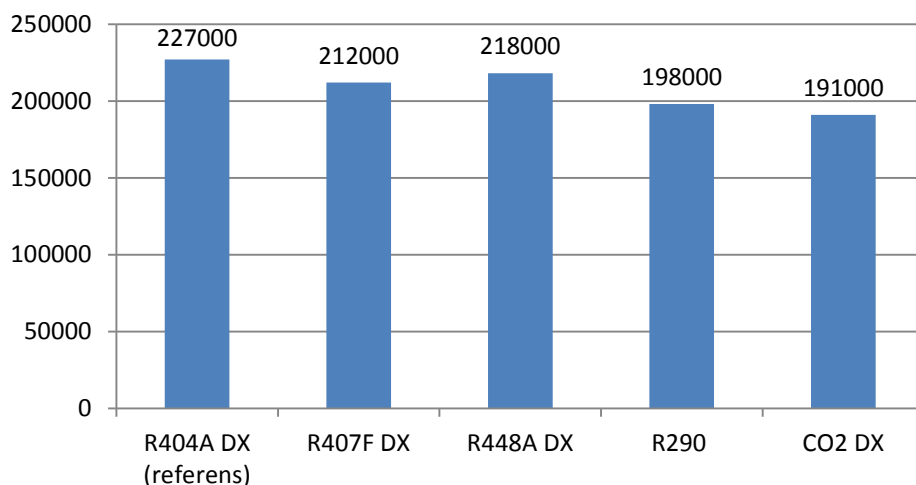
## 4 Resultat

### 4.1 Energiförbranda för olika systemlösningar

Med hjälp av den teoretiska modellen och Bitzers kompressordata har den årliga energiförbrukningen beräknats för ett antal olika köldmedier med tillhörande systemlösningar vilket visas i Figur 1. Siffrorna inkluderar energi till kylmaskiner, fläktar, pumpar och hjälpsystem i frysdiskarna såsom fläktar, avfrostning, belysning och antimistfunktion. Energin till hjälpsystemen är lika för alla undersökta alternativ och står för dryga 100kWh/år och är därmed i samma storleksordnings som energin till kylmaskinen och fläktar/pumpar. Skillnaden mellan de olika alternativen består därmed endast av kylsystemets olika energibehov.

Inget av de olika alternativen sticker ut nämnvärt från övriga och den totala förbrukningen ligger i ett spann mellan 191000 kWh och 227000 kWh. Referenssystemet med R404A förbrukar mest energi medan det indirekta systemet med CO<sub>2</sub> förbrukar minst.

#### Energiförbrukning (kWh/år)



Figur 1. Årlig energiförbrukning för några olika alternativa systemlösningar med andra köldmedier än R404A. Förbrukningen för ett referenssystem R404A DX är med som referens.

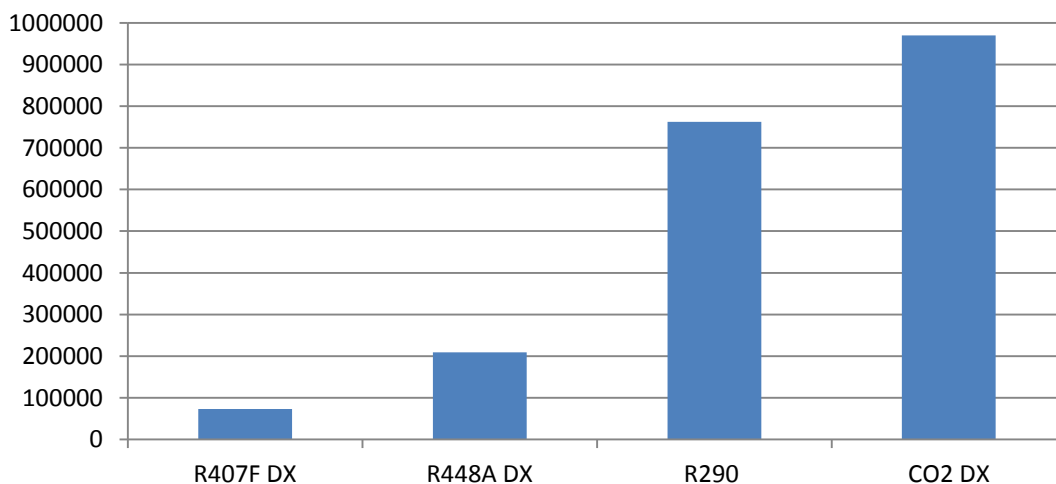
För några av de undersökta systemen räcker inte kompressorkapaciteten riktigt under delar av de varmaste och fuktigaste dagarna. Dock bedöms diskarna ha tillräcklig med termisk tröghet för att temperaturen inne i diskarna ska påverkas nämnvärt. För att med säkerhet täcka kylbehovet vid alla tillfällen bör man investera i två eller flera parallella kompressorer. Detta medför dock en högre investeringskostnad än vad som räknats med i detta projekt.

I Bilaga A presenteras data på energiförbrukning på olika uppsättningar och kompressortyper som alla använder R404A.

### 4.2 Investeringskalkyl för olika systemlösningar

Investeringskostnaden för de olika alternativen presenteras i Figur 2. Investeringskostnaden består av materialkostnad samt av arbetskostnad för installationen. Som nämndes i kapitel 2.2 så har de alternativ som kräver byte av hela kylsystemet betydligt högre investeringskostnad än för drop-in medierna (R407F och R448A). Både materialkostnaden och arbetskostnaden är högre för systemen med propan och CO<sub>2</sub>.

### Installationskostnad (kr)

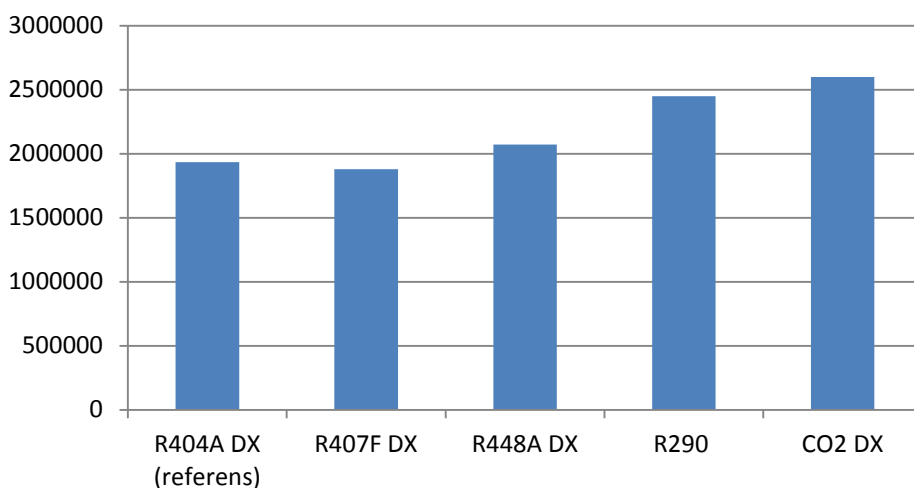


Figur 2. Kostnad för installation av de alternativa systemlösningarna med andra köldmedium än R404A.

Nuvärdet för respektive alternativ har beräknats med en avskrivningstid och kalkylränta på 10 år respektive 3% och resultaten visas i Figur 3. Nuvärdet ger en sammanlagd siffra på installationskostnaden och driftskostnaden under avskrivningstiden. Kalkylräntan appliceras på driftskostnaden vilket gör att driftskostnaden är "dyrare" idag än om 10 år.

Då energiförbrukningen inte skiljer så mycket mellan de olika alternativen får installationskostnaden stor påverkan. De alternativ med hög installationskostnad får ett högt nuvärde och vice versa.

### Nuvärde - Avskrivning 10år (kr)



Figur 3. Nuvärdesanalys av de olika systemlösningarna. Avskrivningstid är vald till 10 år och kalkylräntan till 3%.

## 5 Slutsatser och Diskussion

F-gasförordningen som trädde i kraft 1/1 2015 kommer i praktiken leda till att köldmediet R404A fasas ut inom några år. Detta projekt har undersökt några alternativa köldmedier till R404A i en frysapplikation i en livsmedelsbutik och resultaten indikerar att energiförbrukningen blir bättre med samtliga alternativ. De olika alternativen DX R407F, DX R448A, Indirekt R290 (propan) och DX R744 (CO<sub>2</sub>) sprider sig dock ordentligt i investeringskostnader. De två förstnämnda kallas ibland för drop-in alternativ och med det menas att R404A i princip kan bytas rätt av mot dem, med låga investeringskostnader som följd. Däremot kommer R407F och R448A precis som R404A sannolikt att fasas ut på grund av F-gasförordningen, dock lite senare då deras GWP är lägre än R404A. Sannolikt kommer det alltså uppstå samma situation inom ett antal år där köldmediet och tillhörande kylsystem måste bytas ut.

De två andra alternativen som undersökts, R290 (propan) och R477 (CO<sub>2</sub>) har ett GWP på 3 respektive 1 och kommer därmed inte att påverkas av F-gasförordningen. Dessa alternativ innebär dock en helt annan investeringskostnad än de övriga två alternativen.

För nyare anläggningar där man vill behålla den befintliga anläggningen kan drop-in köldmedierna vara ett ekonomiskt alternativ. Dock får man vara beredd på att göra en större investering inom inte allt för många år. För äldre frysanläggningar som kanske ändå står inför en ordentlig nyinvestering bör det vara klokt att välja något av de mer långsiktiga alternativen med R290 eller R744. Författarna av denna rapport misstänker dessutom att det kommer att bli en brist på kylteknisk personal som kan utföra alla de ominstallationer som måste falla på plats inom ett antal år.

Installationskostnaderna kommer därmed med största sannolikhet att öka jämfört med de nivåer som angetts i denna rapport.

## 6 Rekommendationer och fortsatt arbete

Utförarna av detta projekt rekommenderar innehavare av fryssystem med R404A att snarast se över vilka alternativ som passar den specifika butiken. Vi hoppas att resultaten som presenteras i rapporten kan hjälpa och vägleda vissa i processen att byta köldmedium i sitt fryssystem. I de fall där kyl- och fryssystem och kanske även butiksventilationen är hopbyggda (där systemlösningarna skiljer sig från vad utretts i detta projekt) är resultaten som är framtagna inom detta projekt givetvis inte direkt överförbara utan får istället ses som lärorika exempel.

Författarna rekommenderar fortsatt arbete:

- Detta projekt har begränsat sig till att analysera fryssystem. Det kan vara intressant att göra en liknande analys av kyldiskar också.
- Investeringsanalysen skulle kunna kompletteras med miljöanalys (sk TEWI-analys) av alternativen.
- Analysen skulle kunna utökas till fler alternativa system än vad som hunnits med inom detta projekts ramar. Exempel på sådana alternativ kunde vara ett CO<sub>2</sub> system med pumpad CO<sub>2</sub> till diskarna eller ett hybridssystem (tandem) med kombinationer av olika två köldmedier.

## 7 Litteraturreferenser

[1] Svenska Kyl- och Värmepumpsföreningen. F-gasinformation för brukare – operatör. Nås på <http://alltomfgas.se/lankar-o-material/informationsmaterial>

[2] Meteonorm. Nås på <http://meteonorm.com/>

[3] Arias J m.fl., Utvärdering av två butiker med transkritiska kylsystem med CO<sub>2</sub> som köldmedium, KTH, Stockholm, 2007

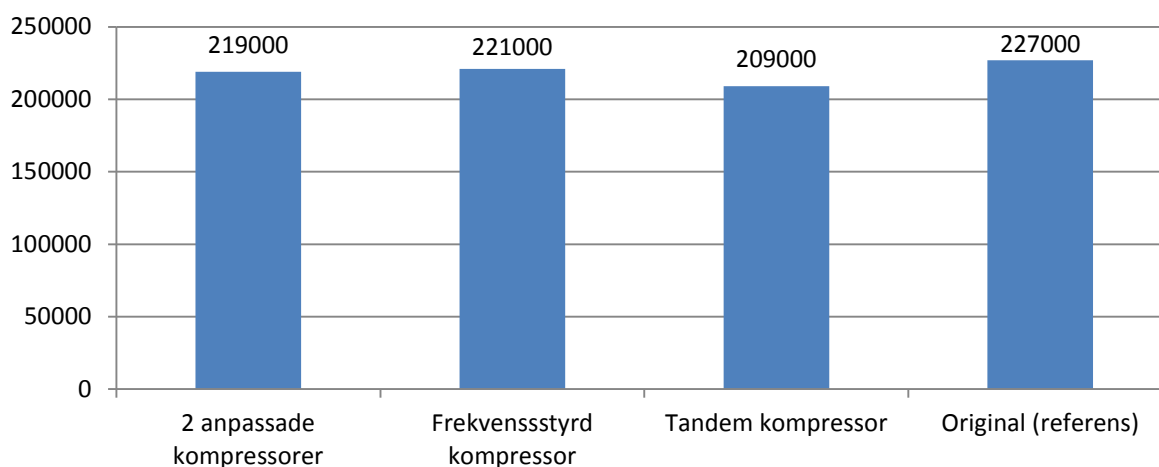
[4] Howell, R. H. (1993). "Effects of Store Relative Humidity on Refrigerated Display Cases Performance." ASHRAE Transaction 99(1): 667-678.



## Bilaga A. Energiförbrukning hos alternativa R404A-kompressorer/upsättningar

Utöver det egentliga syftet med detta projekt undersöktes energiförbrukningen hos olika typer och uppsättningar av R404A-kompressorer. Referensen var som ovan ett direkt system med två stora R404A kompressorer (befintlig modell på livsmedelsbutiken i Borås) som tack vare att man minskat energianvändningen genom att sätta på lock på frysdiskarna i princip gjort den ena kompressorn överflödig. Detta system förbrukar enligt modellen 227000 kWh/år. I ett system där 2 kompressorer varit dimensionerat till det befintliga kylbehovet (och inte till kylbehovet utan lock på diskarna) uppskattades energiförbrukningen till 8000 kWh/år lägre än referensfallet. En frekvensstyrd kompressor (liknande kapacitet som referensfallet) skulle minska energiförbrukningen med 6000kWh/år och en tandemkompressor visar sig vara mest effektiv med en minskning på 18000kWh/år enligt modellen.

### Energiförbrukning alternativa R404-kompressorer (kWh/år)



Figur A1. Årlig energiförbrukning för olika kompressoralternativ där alla använder R404A som köldmedium.