

Miljøprojekt Nr. 658 2002

# Anvendelse af naturlige kølemidler i supermarkeder

Preben Bertelsen og Kim Christensen  
Teknologisk Institut

Tom Gøttsch  
Super Køl A/S

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

# Indhold

<b>INDHOLD</b>	<b>3</b>
<b>FORORD</b>	<b>5</b>
<b>1 SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER</b>	<b>3</b>
1.1 INDLEDNING	3
1.2 FORMÅL	3
1.3 RESULTAT	4
1.4 KONKLUSION	4
1.5 BAGGRUND	4
1.6 ANLÆGGET	6
<b>2 NATURLIGE KØLEMIDLER I FAKTA BEDER</b>	<b>8</b>
2.1 ANLÆGSPRINCIP	8
2.2 PROPANANLÆGGET	8
2.3 CO <sub>2</sub> -ANLÆGGET	9
2.4 MØBLER OG VARMEVEKSLERE	10
2.5 DIMENSIONERING AF KOMPRESSOR	10
2.5.1 <i>Summerede oplysninger</i>	12
2.6 KØLEMIDLERNE	12
2.6.1 <i>Propan og CO<sub>2</sub></i>	12
2.6.2 <i>Brine</i>	13
<b>3 DIMENSIONERING AF KOMPONENTER</b>	<b>14</b>
3.1 TRYKUDSTYRS DIREKTIVET	14
3.2 KONSTRUKTION AF DET TRYKBÆRENDE SYSTEM	15
3.2.1 <i>Kommentar</i>	20
3.3 SAMMENFATNING AF HOVEDKOMPONENTER - PROPAN	20
3.4 ANVENDELSE AF PROPANANLÆG:	20
3.4.1 <i>Maskinkort</i>	21
3.5 CO <sub>2</sub> -ANLÆGGET	21
3.6 BRINEANLÆG	22
3.7 SIKKERHED	24
3.7.1 <i>Sikkerhed – maskinrum</i>	24
3.7.2 <i>Sikkerhed – drift</i>	25
3.7.3 <i>Sikkerhed – stilstand (CO<sub>2</sub>)</i>	25
3.7.4 <i>Sikkerhed – service</i>	25
3.8 SERVICE AF ANLÆGGET	25
3.8.1 <i>Propan</i>	26
3.8.2 <i>CO<sub>2</sub></i>	26
3.8.3 <i>Propananlægget</i>	27
3.8.4 <i>CO<sub>2</sub>-anlægget</i>	27
3.9 STYRING	27
3.9.1 <i>Propankompressorer</i>	27

3.9.2	<i>Propankondensator</i>	27
3.9.3	<i>Ekspansionsventiler til propan</i>	27
3.9.4	<i>Brinepumper</i>	28
3.9.5	<i>CO<sub>2</sub>-kompressor</i>	28
3.9.6	<i>Kaskadevekslerens regulering</i>	28
3.9.7	<i>KA-værdi</i>	29
3.10	DAGLIG DRIFT	29
3.11	ZONEINDELING OG EL-INSTALLATION	29
3.11.1	<i>Zone 2</i>	30
3.11.2	<i>El-installation</i>	30
3.11.3	<i>Propan</i>	30
3.11.4	<i>Egensikkerhed</i>	30
3.11.5	<i>El-komponenter i Fakta Beder</i>	30
3.12	ATEX-DIREKTIVET	31
3.12.1	<i>ATEX og Fakta Beder</i>	31
3.12.2	<i>Kommentar</i>	32
<b>4</b>	<b>ENERGI</b>	<b>33</b>
4.1	REFERENCEBUTIKKER	33
4.1.1	<i>Usikkerhed</i>	34
4.1.2	<i>Tilfældig test</i>	34
4.1.3	<i>Butikker</i>	35
4.1.4	<i>Total energiforbrug - referencebutikker</i>	35
4.2	ENERGIMÅLERE I FAKTA BEDER	36
4.2.1	<i>Effektforbrug i butikken</i>	36
4.2.2	<i>Butikkens energiforbrug</i>	37
4.2.3	<i>Effektforbrug pr. køle-/fryse komponent</i>	37
4.2.4	<i>Forbrug køle-/frys</i>	38
4.2.5	<i>Sammenligning af målt og nøgletalsfordelt forbrug</i>	38
4.3	OPTIMERINGMULIGHEDER	39
4.4	KONKLUSION ENERGI	40
<b>5</b>	<b>PROJEKTØKONOMI</b>	<b>41</b>
5.1	OPGØRELSE OVER PROJEKTØKONOMI	41
5.1.1	<i>Den samlede merpris er primært påvirket af 3 hovedområder</i>	42
5.2	KONKLUSION - ØKONOMI	43
<b>6</b>	<b>RESULTAT</b>	<b>44</b>
	Bilag 1	
	Bilag 2	
	Bilag 3	
	Bilag 4	
	Bilag 5	
	Bilag 6	
	Bilag 7	

# Forord

Da der også i kølebranchen er et ønske om at levere produkter, der belaster miljøet så lidt som muligt, indgik Miljøstyrelsen, Superkøl A/S, Fakta og Teknologisk Institut i foråret 2001 en aftale om at modne og kommercialisere teknologien omkring naturlige kølemidler i supermarkeder.

Projektet er båret frem af succesen med et demonstrationsanlæg i Odense, som dog havde den ulempe at være for omkostnings- og teknologisk tungt.

For at udnytte de positive driftserfaringer kommercielt fra dette anlæg, var det vigtigt at gentage konceptet, men med markedsvilkårene for øje. Altså bliver prisen på komponenterne en faktor, der får samme betydning som funktionalitet og stabilitet. Derigennem styrkes og forbedres markedsindtrængningen for renere og mere miljøvenlige produkter også i kølebranchen.

For at sådan et projekt skal lykkes, er det af vital betydning, at alle berørte parter er positive og engagerede. I dette projekt har alle berørte parter været særdeles positive, specielt Fakta Beder, Danfoss, Grundfos, Bitzer, Arneg, SWEP, Tempcold og AGA.

Projektdeltagere:

Projektgruppen bestående af Teknologisk Institut, Super Køl og Fakta.

Teknologisk Institut (projektleder)  
Energi/Køle- og Varmepumpeteknik  
Teknologiparken  
8000 Århus C

Kontaktperson: Civilingeniør  
Kim Christensen  
Tlf.: 7220 1265

Super Køl A/S (ansøger)  
Holkebjergvej 73  
5250 Odense SV  
Kontaktperson: Tom Gøtttsch  
Tlf.: 6617 2810

FAKTA  
Hjilmagervej 12  
7100 Vejle  
Kontaktperson: Jørn Hüniche  
Tlf.: 7641 4300

Følgegruppen består af:

Arneg SPA  
Kontaktperson: Gian Paolo Di Marco

Danfoss A/S  
Kontaktperson: Christian Bendtsen



# 1 Sammenfatning og konklusioner

## 1.1 Indledning

Med baggrund i tidligere gennemførte projekter under Energistyrelsens CO<sub>2</sub>-program (j.nr. 731327/97-0164 og j.nr. 731327/99-0199) og Miljøstyrelsen (j.nr. M 128-0428) er der gennemført et projekt i Fakta Beder, som understøtter og modner anvendelse af propan og CO<sub>2</sub> som kølemidler i supermarkeder.

De tidligere projekter dokumenterer CO<sub>2</sub> og propans fortrinlige termofysiske og dynamiske egenskaber.

Indeværende projekt ”Anvendelse af naturlige kølemidler i supermarkeder” har fokus rettet mod energiforbrug og installationsomkostninger ved anvendelse af propan og CO<sub>2</sub> i supermarkeder.

Forudsætningen for optimering af installationsomkostninger er, at vi anvender de komponenter, som installatørerne kender. Projektet er derfor gennemført med anvendelse af kobberør og andre kendte komponenter fra den kommercielle kølebranche. Delene er sammensat til en enhed og solgt som en enhed til Fakta.

Enheden er et produkt, der i forhold til et traditionelt R404A (90 kg) anlæg er energimæssig neutralt, og som reducerer det direkte ækvivalente CO<sub>2</sub>-emissionsbidrag med 342 tons.

Fakta er en supermarkeds kæde med ca. 250 butikker. Butikkæden har ekspanderet og udviklet sig igennem de sidste 25 år. Energiforbruget afspejler som hovedregel alderen på butikken.

Det er muligt at gruppere butikkerne efter type køleanlæg og energiforbrug med så stort et antal i hver gruppe, at sammenligningsgrundlaget for propan/CO<sub>2</sub>-anlægget bliver klart defineret.

For at kunne tale om energineutralitet skal energiforbruget på propan/CO<sub>2</sub>-køleanlægget ligge inden for de energirammer, som de nyeste butikkers køleanlæg bevæger sig indenfor.

## 1.2 Formål

Formålet med indeværende projekt er at modne og kommercialisere teknologien omkring anvendelsen af naturlige kølemidler, således at den bliver tilgængelig for en større del af branchen. Endvidere bliver teknologien demonstreret i full-scale (Fakta butik), hvor det tidligere anlæg var en mindre kommerciel butik (Lokalbrugsen i Odense J. nr. 731327/99-0199). Det er vigtigt at demonstrere teknologien i en butik, der har en størrelse, som branchen kan identificere sig med.

### 1.3 Resultat

Projektet viser:

- at energiforbruget ligger inden for rammerne af, hvad en optimeret traditionel Fakta Butik forbruger.
- at installationsomkostningerne ligger mellem 10 og 20% over, hvad en optimeret Scroll-løsning med R404A koster i en standard Fakta.
- at installationsomkostningerne til brinekredsen reduceres væsentligt ved brug af slanger, og at strengreguleringsventiler ikke er nødvendige på anlæg i denne størrelse.
- at kaskadevekslerens indsprøjtningssfunktion skal have en tidsbegrænset opstartsfunktion efterfulgt af traditionel PID-regulering for at give stabil ensartet drift.
- at kravene til sikkerhed på propankredsen er operationelle og håndterbare.
- at valg af reguleringsstrategi for sekundære kølekredse er en forudsætning for energioptimal drift af kølekompressor.

### 1.4 Konklusion

Konklusionen er, at propan/CO<sub>2</sub>-løsningen for en stor del af installationerne er implementerbart i den kommercielle danske kølebranche. Energimæssigt er teknologien p.t. neutral med mulighed for optimering.

Installationsomkostningerne stiger umiddelbart 10-20%, men vil ligeledes kunne optimeres. Installatørernes evne mht. håndtering af CO<sub>2</sub>/propan og brine skal justeres/tilpasses.

Montage af brinekredsen forbedres væsentlig med slanger, og strengreguleringsventiler er ikke nødvendige på denne størrelse af anlæg. Der skal sigtes mod konstant flow i brinekredsen.

Kaskadevekslerens indsprøjtningssventil skal styres af en regulator med tidsbegrænset opstartsrutine efterfulgt af traditionel PID-regulering.

Ved at anvende Trykudstyringsdirektivet (Bekg. 743) og senere Atex-direktivet som konstruktionsgrundlag opnås en optimal sikkerhed, der givet også i fremtiden vil danne basis for diskussioner.

Projektet viser, at kølebranchen kan levere køleenheder med propan/CO<sub>2</sub> som kølemiddel og dermed fjerne det direkte ækvivalente CO<sub>2</sub>-emissionsbidrag herfra.

### 1.5 Baggrund

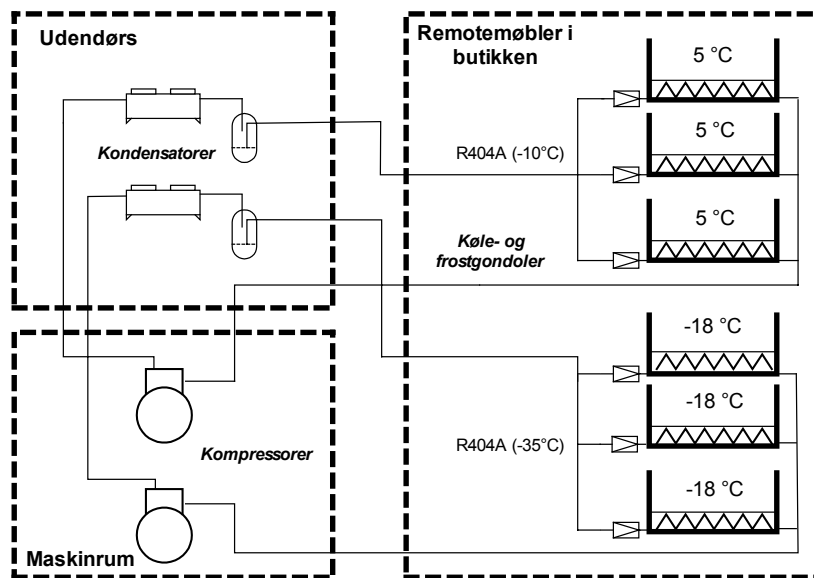
Montreal Protokollens (1987) restriktioner og forbud omkring anvendelse af CFC og HCFC'erne, Kyoto Protokollens (1997) skærpede kurs over for drivhusgasserne (HFC'erne) samt Miljøstyrelsens udspil omkring afgifter på de industrielle drivhusgasser medfører, at man i stor udstrækning i fremtiden vil anvende naturlige kølemidler og samtidig reducere køleanlæggenes energiforbrug.

Mange butikker anvender i dag R404A (HFC). R404A er en blanding af R143a, R125 og R134a med et direkte drivhuspotential på 3.800 ved en tidshorisont på 100 år. Da levetiden for butikskøleanlæg normalt er 10-15 år, og lækager udgør 10-20% af anlæggenes fyldning pr. år, vil det medføre, at der i en lang årrække vil



være mange R404A-anlæg, der via deres lækager bidrager til den globale drivhuseffekt.

I Danmark findes ca. 2.200 supermarkeder og varehuse, hvorfra kølede og frosne fødevarer sælges. Køleanlæggene består primært af de såkaldte remote-anlæg, hvor kølemøblerne (køle- og frostgondoler) er tilsluttet et centralt køleanlæg placeret i et maskinrum langt fra møblerne. Remote-anlæg i detailhandlen er karakteriseret ved lange udbredte rørstrækninger og store kølemiddelfyldninger. Anlæggene er typisk kun minimalt optimerede mht. energiforbrug, mens fokus primært ligger på driftssikkerhed samt funktion og fremtoning, der kan give mersalg i butikken. Installationerne har således typisk relativt højt energiforbrug samt høje lækagerater af kølemiddel!



Figur 1: Figuren viser skematisk opbygningen af et remote-anlæg

Ved lækager siver kølemidlet gradvist fra systemet ud i kælderrum, butiksarealer og omgivelser, men i visse tilfælde kan store udslip også forekomme fra rørbrud i transportledninger. Lækagerne opdages, når anlæggets funktion bliver kritisk, hvilket ofte først er tilfældet, når over halvdelen af kølemidlet er forsvundet fra anlægget.

I gennemsnit er den estimerede kølemiddelfyldning ca. 50 kg i hvert supermarked, hvilket svarer til en samlet mængde på 118.000 kg. På nye anlæg, hvor der anvendes HFC, regnes der med gennemsnitlige årlige lækagerater på 10% (11.800 kg), ækvivalent med 44.840 tons CO<sub>2</sub>-emission pr. år, når kølemidlet R404A anvendes, hvis ækvivalente CO<sub>2</sub>-emission er på 3.800 kg CO<sub>2</sub> pr. kg.

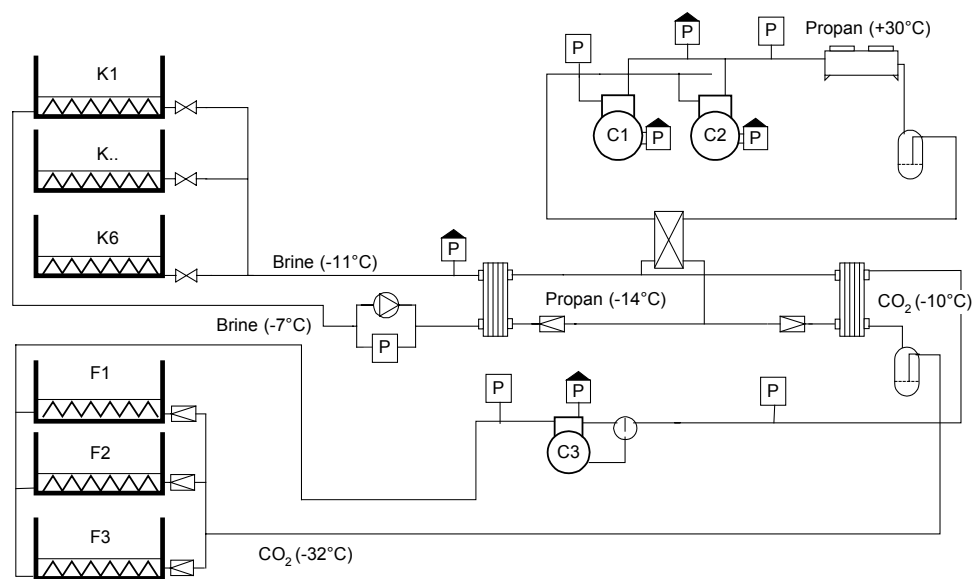
Supermarkedernes køle- og fryseanlæg tegner sig til sammen for omkring 1,5% af det samlede energiforbrug i Danmark (600 GWh/år). Regnes med 0,78 kg CO<sub>2</sub>/kWh, fås en årlig CO<sub>2</sub>-belastning på 468.000 tons/år. Derfor er det nødvendigt at tage et stort hensyn til elforbruget i bestræbelserne på at udfase de uønskede gasser fra det kommercielle marked.

## 1.6 anlægget

Flere af de naturlige kølemidler kan ikke anvendes direkte i butikken pga. uheldige egenskaber omkring brandfarlighed og giftighed, og det er således nødvendigt at lave indirekte systemer, hvor disse kølemidler varmeveksler med et sekundært kølemiddel (brine), som så pumpes fra maskinrummet til køle- og frostmøblerne.

Hidtidige målinger og analyser på denne type køleanlæg til supermarkeder har imidlertid vist, at det ville "koste" en forøgelse af energiforbruget på mellem 5-10% at erstatte de uønskede gasser.

Ved at anvende f.eks. CO<sub>2</sub> direkte i selve frostmøblerne og et indirekte system på kølemøblerne er energiforbruget uændret set i forhold til optimerede systemer med R404A, der findes på markedet i dag.



Figur 2: Figuren viser skematisk opbygningen af køleanlægget, som anvender propan og CO<sub>2</sub>

Køle- og frostmøblerne vist til venstre er opstillet i selve butikken, mens de øvrige anlægskomponenter (kompressor, pumper, varmevekslere, beholdere osv.) er opbygget på et kompressorstativ, som skal placeres i separat maskinrum.

Kombinationen propan og kuldioxid er en optimal løsning, da kølefirmaerne kender teknologien omkring lodning af kobberør og har derfor ikke svært ved at bygge anlæg med de nye kølemidler. Endvidere betyder anvendelsen af kuldioxid på lavtemperaturdelen en væsentlig reduktion af fyldningsmængden af propan. Det vurderes muligt at komme under 10 kg selv i større supermarkeder, hvor man i dag anvender fyldninger med HFC på 60-120 kg.

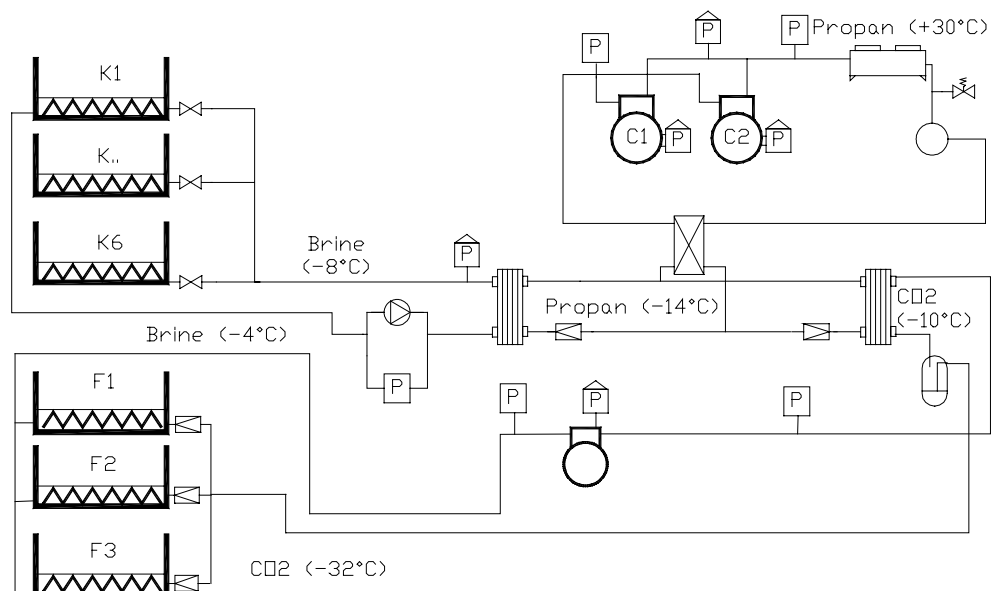


## 2 Naturlige kølemidler i Fakta Beder

### 2.1 Anlægsprincip

Anlægget, som er opstillet i Fakta Beder, er opbygget som et kaskadeanlæg. Ved det høje temperaturniveau anvendes propan (-14/25°C), mens kuldioxid anvendes ved det lave temperaturniveau (-32/-10°C). De to kølemidler varmeveksler i kaskadeveksleren, hvor propan ved tør ekspansion fordamper, og CO<sub>2</sub> kondenserer. CO<sub>2</sub> anvendes direkte i supermarkedets frostmøbler og frostrum, mens propan varmeveksler til et indirekte system med glykol.

Glykolen pumpes i et lukket system frem til kølemøbler og kølerum.



Figur 3: Principskitse af CO<sub>2</sub>/propananlægget i Fakta Beder

Der anvendes sugegaskølede semihermetiske kompressorer til både propan og CO<sub>2</sub>. Propankompressorerne er udstyret med oliepumpe, mens CO<sub>2</sub>-kompressoren er stænksmurt.

Selve køleanlægget er opbygget på et stativ (kompressor-rack), hvor kompressorer, kaskadeveksler, brinekøler, brinepumper, ventiler og beholdere er monteret. Aggregatet er opstillet i et separat maskinrum, hvorfra rør og slanger forbinder møblerne til anlægget. Komponenterne indeholdende propan er bygget ind i en ventileret kasse.

### 2.2 Propananlægget

Propan som primært kølemiddel:

- Brandfarlig

- Egenskaber sammenlignelige med HFC'ernes egenskaber, dog haves:
  - bedre varmeovergangstal
  - lavere tryktab
- Kobberrør og lodning kan anvendes.

Propananlægget er opbygget som et kompakt indirekte anlæg, hvor propanen dog kondenserer direkte i en luftkølet kondensator. Kondensatoren er opstillet på butikkens tag.

Propananlægget arbejder med to fordampere: én kaskadeveksler og én brinekøler. Kaskadeveksleren og brinekøleren er begge pladevarmevekslere. På begge vekslere anvendes elektroniske ekspansionsventiler til indsprøjtning af kølemiddel. Anlægget er endvidere bygget uden olieudskillere. Der anvendes en mineralolie, som er fuld blandbar med propan, således at olie returnerer til kompressorerne fra anlægget. Ensartet olieniveau mellem kompressorerne sikres vha. monterede udligningsrør.

Den interne varmeveksler (pladevarmeveksler) sikrer underkøling af propanvæsken før ekspansionsventilerne samt overhedning af sugegassen til kompressoren. Kompression med propan giver meget lave trykgastemperaturer, og kompressoren vil derfor uden en intern veksler blive relativt kold med stor opløselighed af kølemiddel i olien til følge. Dette kan formindske oliens smøreevne og forøge oliemængden transporteret fra kompressoren til anlægget.

Kompressoren er endvidere leveret med relativt stor elvarmelegeme til oliesumpen under stilstand.

Endeligt har anlægget monteret tørrefilter og smudsfilter i væskeledningen, men er uden receiver.

### 2.3 CO<sub>2</sub>-anlægget

Kuldioxid som primært lavtemperaturkølemiddel:

- Hverken giftigt eller brandfarligt
- Høj COP (høj isentropisk virkningsgrad for kompressor, lave tryktab og gode varmeovergangstal)
- Blandbar med esterolier ligesom HFC-kølemidlerne
- Acceptable trykgastemperaturer
- Højvolumetrisk kuldeydelse, der giver små slagvolumener for kompressoren, samt små suge- og væskeledninger
- Tørrefilter, skueglas og afspærringsventiler identiske med udstyr, der anvendes til HFC-kølemidlerne
- Kobberrør og lodning kan anvendes.

Anlægget er opbygget som et traditionelt køleanlæg, dog uden intern varmeveksler.

Kaskadeveksleren fungerer som CO<sub>2</sub>-anlæggets kondensator, hvor CO<sub>2</sub> kondenserer op imod fordampende propan. Kondensatet underkøles ikke yderligere. Herefter cirkulerer væsken til fordamperne placeret i butikkens frostmøbler og rum. Som indsprøjtningventiler anvendes pulsbredde modulerende ventiler, hvor en overhedning på 8K opretholdes. Gassen suges herefter tilbage til kompressoren. Anlægget har ikke monteret olieudskillere.

Den mængde olie, der kommer ud i anlægget, vil pga. god opløselighed med kølemidlet (esterolie/CO<sub>2</sub>) og relativt høje gashastigheder blive transporteret med kølemidlet tilbage til kompressoren.

Kompressoren er leveret med elvarmelegeme til oliesumpen under stilstand. Endeligt har anlægget monteret tørrefilter og smudsfilter i væskeledningen.

## 2.4 Møbler og varmevekslere

Alle de anvendte møbler er standardmøbler, hvor fordampere er tilpasset kølemidlet (brine/CO<sub>2</sub>). Varmevekslerne til brine findes allerede på markedet. I dette tilfælde har ECO leveret luftkølerne til Arnegs mælkefront og kølerum, hvor propylenglykol anvendes som brine. Arneg har leveret varmevekslerne til brine, som ligger i gondolerne. På frostsiden er der ikke umiddelbart leverandører på markedet af fordampere, og i dette tilfælde har Teknologisk Institut designet fordampere, der så er produceret af ECO. Dette gælder for både fordampere til frostrummene og fordampere til de to frostgondoler. Alle fordampere til CO<sub>2</sub> er lavet som traditionelle fin-coils med 3/8" kobberør og aluminiumslameller.

Position		Belastning [W]		Bemærkning
		Køl (-10°C)	Frost (-32°C)	LxBxH [mm <sup>3</sup> ]
1	Kølerum	4500	-	5100x3300x2360
2	Frostrum	-	4200	3600x3300x2450
3	Frostrum, is		2800	2100x3300x2450
4	Reol	14400	-	10 meter
4	Frostgondol stor		2200	3750x1000x960
5	Frostgondol, lille		800	1985x1000x960
6	Kølegondol, stor	1400		3750x1000x960
7	Kølegondol, lille	700		1985x1000x960
Total		21000	10000	

Tabel 1: Oversigt over møbler og rum

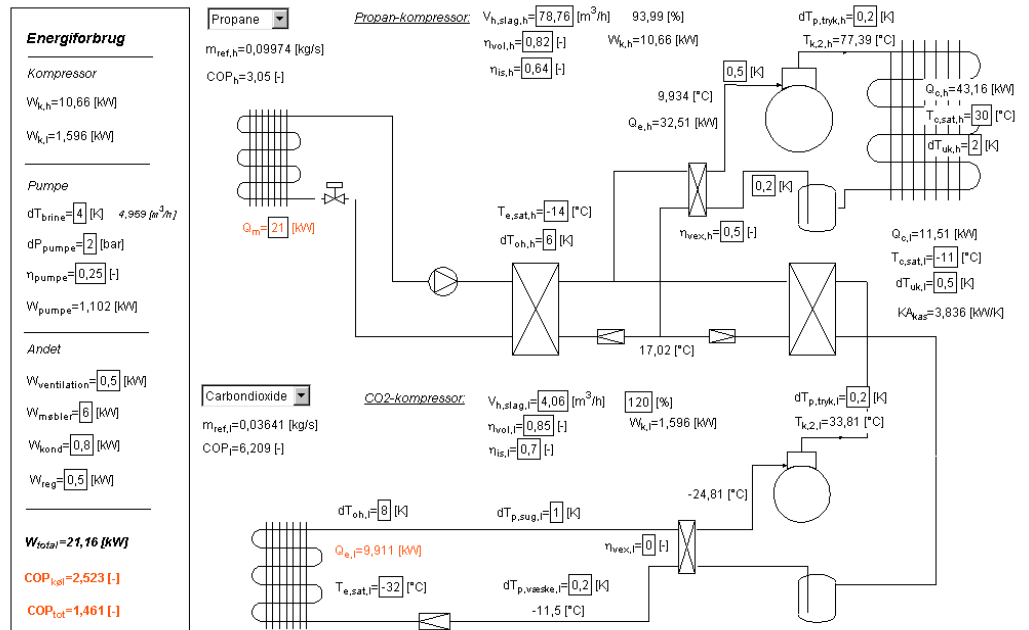
Køle- og frostrummene er forsynet med individuelle vekslere. For alle vekslere styres tilførslen af kølemiddel af pulsbredde modulerede ventiler fra Danfoss. Ventilen til indsprøjtning af CO<sub>2</sub> anvender en periodetid på 6 sek., mens den til brine anvender en periodetid på 6 min.

## 2.5 Dimensionering af kompressor

Ovenstående tabel viser, at kuldeydelse på hhv. køl og frost er vurderet til 21 og 10 kW. Anlægget dimensioneres nu til ca. 21 kW på køl og 10 kW på frost.

For dimensionering af køleanlæg anvendes oplysninger eller beregninger af kuldeydelsen. Endvidere skal temperaturniveauet kendes. I en butik med salg af ferske (kølede) og frosne fødevarer arbejdes der ved to forskellige temperaturniveauer. I køleområdet anvendes temperaturer mellem +1 og +3°C, mens der i frostområdet anvendes temperaturer mellem -25 og -18°C.

For at kunne opnå disse lufttemperaturer skal køleanlægget for køleområdet arbejde ved ca. -14°C og frostdelen omkring -32°C.



Figur 4 : Beregning af det totale anlæg med aktuelle CO2-kompressor

Samlet skal propankompressorerne kunne leverere 32 kW. I Bitzers katalog er det kun muligt at finde oplysninger for kompressoren med diverse syntetiske kølemidler. R22 kommer nærmest propan, og derfor kan oplysningerne for R22 anvendes, og ved omregning kan kapacitet og effektforbrug for propan findes.

<b>R22 (+30/-15, <math>T_{sug} = 25^{\circ}C</math>, <math>dT_{uk} = 0K</math>)</b>			<b>Propan (+30/-14, <math>T_{sug} = 0^{\circ}C</math>, <math>dT_{uk} = 2K</math>)</b>		
Type	Slagvol.	Virkningsg.	Type	Slagvol.	Virkningsg. 1
4T-8.2	39.36 m <sup>3</sup> /h	$\eta_{is} = 63.8\%$ $\eta_{vol} = 82.7\%$	4T-8.2	39.36 m <sup>3</sup> /h	$\eta_{is} = 63.8\%$ $\eta_{vol} = 82.7\%$
<b><math>Q_e</math></b>	<b><math>W_e</math></b>	<b><math>P_2/P_1</math></b>	<b><math>Q_e</math></b>	<b><math>W_e</math></b>	<b><math>P_2/P_1</math></b>
18.56 kW	6.37 kW	4.03	16.8 kW	5.7 kW	3.56

<sup>1</sup> Da trykforholdet for hhv. R22 og propan er næsten ens, er virkningsgraderne overslagsmæssigt de samme

Der vælges 2 stk. Bitzer 4T – 8.2

Samlet giver denne konstellation en kuldeydelse på ca. 33.6 kW. Anlægget vil blive bygget med intern varmeveksler, hvilket øger kapaciteten til ca. 34.6 kW. Kompressoren til frost er bestemt, og den som er tilgængelig dvs. Bitzer X2KC på ca. 10 kW.

## 2.5.1 Summerede oplysninger

Nedenstående tabel summerer oplysningerne:

<i>Specifikationer</i>	<i>Data</i>	<i>Bemærkninger</i>
<i>Temperaturer</i>		
Kondenseringstemperatur R290	25°C (8.7 bar)	Anlægget kører aktuelt med 27°C
Fordampertemperatur	-14°C (3.0 bar)	
Kondenseringstemperatur R744	-10°C (26.5 bar)	
Fordampertemperatur	-32°C (13.4 bar)	
Brinetemperatur (frem-løb) PG	-10°C	
Brinetemperatur (retur)	-7°C	
<i>Kuldeydelse (dimensionerende)</i>		
Belastning på køl (brine)	21 kW	Brinesystem med 6 varmevekslere
Belastning på frost (CO <sub>2</sub> )	10 kW	Direkte system med R744, 4 froststeder
Propananlæg	34,6 kW	
<i>Kompressorer (aktuelle)</i>		
R290: 2 stk. Bitzer	78,72 m <sup>3</sup> /h	4T-8.2 mineralolie
R744: 1 stk. Bitzer	4,06 m <sup>3</sup> /h / 8.3 kW	X2KC-05.2 (Y), esterolie
<i>Kapacitetstrin</i>		
R290: 2 stk. Bitzer (4 cyl.)	2/4 cyl.	Kapacitet: 25% - 100% i 4 trin
R744: 1 stk. Bitzer (2 cyl.)	1: VLT (30-60 Hz)	Kapacitet: 60% - 120% (kontinuert)
<i>Fyldning</i>		
Propananlægget	10 kg	
CO <sub>2</sub> -anlægget	6 kg	
Glycol	140 kg	

Tabel 2: Detaljer i forbindelse med dimensioneringen af anlægget

## 2.6 Kølemidlerne

Butikkens køleanlæg anvender følgende kølemidler:

- Propan (R290)
- CO<sub>2</sub> (R744)
- Teknisk propylenglykol (Dowcal N/ 40% wt.) – inhibitoreret og godkendt til fødevarer.

### 2.6.1 Propan og CO<sub>2</sub>

Propan er en lugtfri og ugiftig gas. Imidlertid er propan en eksplosionsfarlig gas med nedre- og øvre eksplosionsgrænser på 2,1-9,5 % v/v (0,038-0,171 kg/m<sup>3</sup>). Den automatiske antændelsestemperatur ligger på 470°C. Gassen er tungere end luft, og den vil derfor lægge sig ved laveste niveau.



CO<sub>2</sub> er ligeledes lugtfri og ugiftig, men gassen kan være farlig for mennesker ved højere koncentrationer end 0,5% v/v (5000 ppm). Gassen er tungere end luft, og man skal være opmærksom på, at ekspansion af væske til tryk er lavere end 5,18 bar (-56,6°C – trippelpunkt) danner fast fase (tøris). CO<sub>2</sub> er endvidere kendetegnet ved meget høje mætningstryk. Ved 25°C ligger det tilhørende mætningstryk på 64,4 bar. Endeligt skal man være opmærksom på CO<sub>2</sub>'s lave kritiske temperatur og tryk ved 31°C og 73,8 bar, hvilket indebærer, at kredsproces med CO<sub>2</sub> bliver transkritisk ved højere temperaturer.

### **2.6.2 Brine**

Der anvendes teknisk propylenglykol Dowcal N. Koncentrationen er 40% wt., hvilket sikrer et frysepunkt på -21°C.

Glykolen er inhiberet og godkendt til fødevarer (FDA godkendt).

- Ikke giftig, men bør ikke drikkes
- Ikke brandfarlig.

Dowcal N er kompatibel med normalt anvendte metaller (kobber, stål og messing) samt plastic og elastomerer (PE, PP, ABS, PVC, IIR, PTFE, EPDM, NBR og NR).

# 3 Dimensionering af komponenter

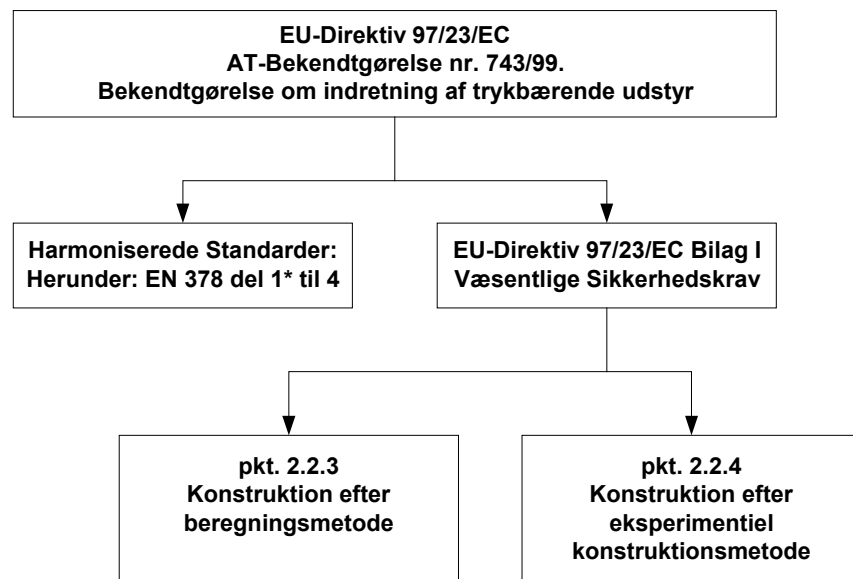
Der henvises til bilag 3-6 for oversigt over anvendte komponenter (styklistor).

## 3.1 Trykudstyrdirektivet

I forbindelse med konstruktion af propananlægget er Det Europæiske Råds direktiv 97/23/EF, også benævnt Trykudstyrdirektivet (PED), benyttet.

Trykudstyrdirektivet er indført i dansk lov med Bekendtgørelse nr. 743/99. Anvendelse af trykbærende udstyr er derimod et nationalt anliggende, og her gælder p.t. Bekendtgørelse 746.

Konstruktionen kan enten foretages efter beregningsmetode som f.eks. AD-Merkblætter eller tilsvarende eller efter eksperimentel konstruktionsmetode. Her benyttes beregningsmetoden til understøttelse af de væsentlige sikkerhedskrav og dermed overensstemmelse med direktivet.



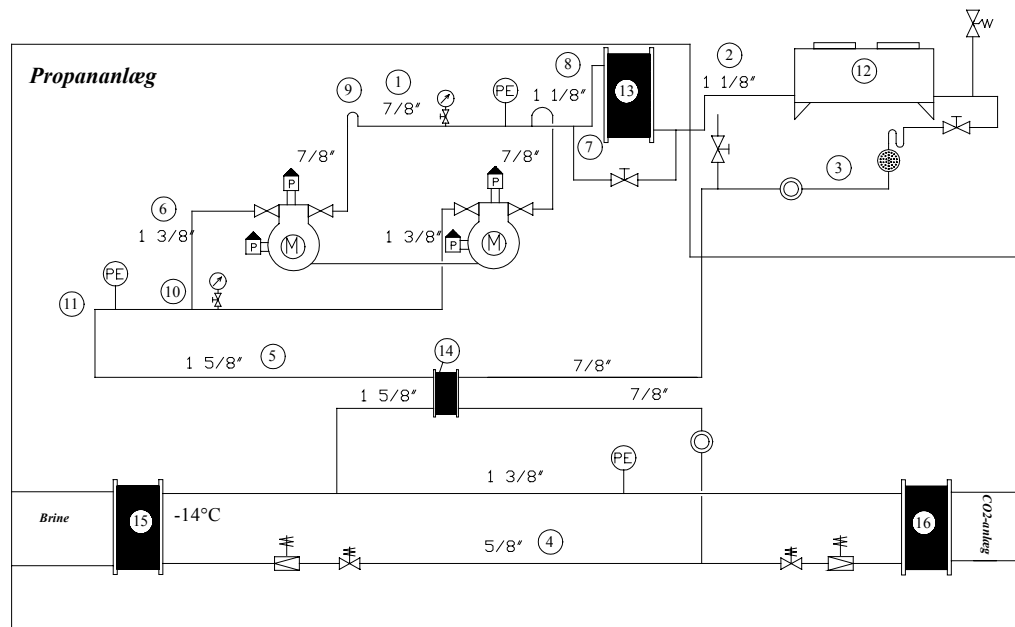
Figur 5: Princip for opfyldelse af bekendtgørelse

### 3.2 Konstruktion af det trykbærende system

1. Klassificering af kølemidlet
2. Bestemmelse af køleanlægstype
3. Design af rørsystem
4. Bestemmelse af maksimal tilladelig temperatur/tryk
5. Bestemmelse af designtryk  $P_d$
6. Bestemmelse af rørdimensioner
7. Bestemmelse af beregningsmetode for styrkeberegning
8. Kategorisering af rørsystemet
9. Kategorisering af trykbeholdere
10. Bestemmelse af dokumentationsomfang
11. Bestemmelse af fremstillings- og materialenormer
12. Krav til fittings
13. Krav til komponenter og ventiler
14. Krav til sikkerhedsudstyr, pressostater og sikkerhedsventiler
15. Krav til samlingsmetoder
16. Bestemmelse af materialedokumentation
17. Overensstemmelsesvurdering
18. Teknisk dokumentation
19. Bestemmelse af kontrol- og kvalitetsstyringsomfang
20. Afsluttende afprøvning og verifikation
21. Godkendelsesprocedure

(Der henvises til Miljøstyrelsens vejledning ”Kulbrinter i mellemstore køleanlæg”/1/)

- Ad 1. Propan er brandfarlig og klassificeres derfor i Gruppe 1.
- Ad 2. Anlægget opstilles i eget maskinrum med aflåst dør. Altså fordamper i personkategori C, hvilket er tilladt med propan.
- Ad 3. Rørtværsnit er valgt ud fra almindelige krav til tryktab og dernæst for at sikre tilstrækkelig hastighed til olietilbageføring.



- Ad 4. Maks. tilladeligt tryk (PS) fastsættes til 18 bar. Der sikres mod overskridelse af det maksimale tryk vha. en sikkerhedsventil SFV 15. Max. temperatur (TS) fastsættes til 55°C.

Ad 5. Designtryk er bestemt ud fra EN 378-2 :2000 kap. 5 -

Omgivelsestilstand	≤ 32 °C	≤ 43 °C
Højtryksside med luftkølet kondensator	55 °C (18 bar)	63 °C
Højtryksside med vandkølet kondensator	43 °C	43 °C
Lavtryksside	32 °C (10,3 bar)	43 °C

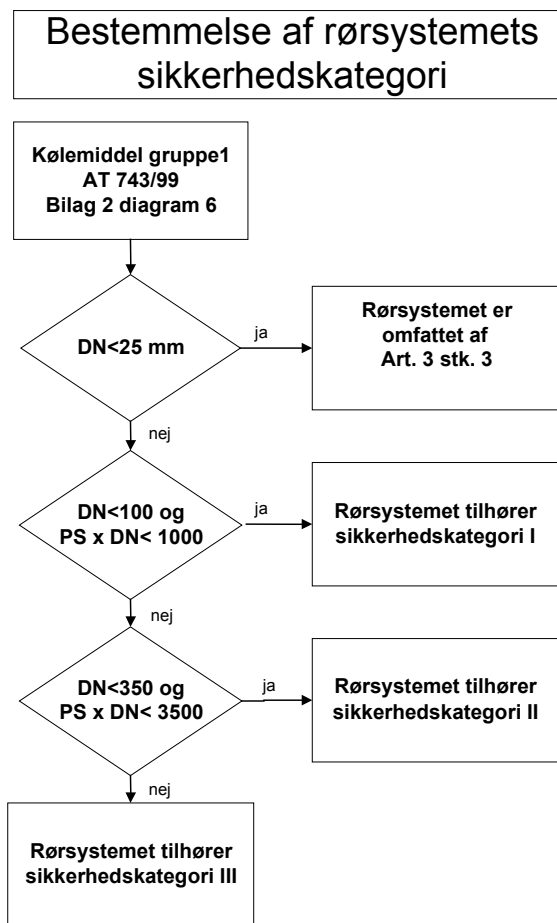
omgivelsestemperatur <32°C Højtryksside: 18 bar (55°C)

Lavtryksside: 10,3 bar (32°C)

- Ad 6. Propananlægget er et kompakt anlæg med meget korte rørlængder. Trykledningen og væskeledningen (til og fra kondensator) er de længste rørlængder (ca. 10 m). Sugeledningen er meget kort, ca. 2 m. Tryktabet i dette system hidrører primært fra enkelttab (ventiler og bøjninger). For hhv. væske-, suge- og trykledning er tryktabene ca. 0,01 bar (0,03K), 0,035 bar (0,8K) og 0,1 bar.
- Ad 7. Ved rørstyrkeberegningerne koncentrerer opmærksomheden sig omkring materialevalg og godstykkelse for derigennem at tilgodese de væsentlige sikkerhedskrav i Trykudstyrsdirektivet. Der anvendes deoxideret kobberør, hvor kobberandelen er større end 99,9%, og fosfordelen udgør 0,015-0,04 %. Fosfor modvirker dannelse af kobberoxid, som gør materialet skørt. Materialesammensætningen følger DIN 1787 SF-Cu 2.0090. Den minimale godstykkelse bestemmes ud fra AD-Märkblatt B1. Beregningstrykket er det maximale tryk (PS). Som 0,2%-spænding anvendes værdien for udglødet kobber, værdien oplyses af rørleverandøren (kobberet må betragtes som udglødet efter opvarmning ved lodning). Fittings ligestilles med rør, men styrkefaktoren er her valgt efter AD Märkblätter B9 diagram Bild 7d. Kondensatoren ligestilles ligeledes med rør (Varmevekslere i form af rør til afkøling af eller opvarmning af luft sidestilles med rørsystemer – PED artikel 1 stk. 2.1.2). Aktuelle rør findes i bilag 2. Ud fra gennemførte kontrolberegninger bestemmes rørkonstruktionen mht. godstykkelse til at følge og opfylde de væsentlige sikkerhedskrav, hvilket er forudsætningen for at være i overensstemmelse med Trykudstyrsdirektivets artikel 1 stk. 2.1.2 og artikel 3 stk. 1.3 samt stk.

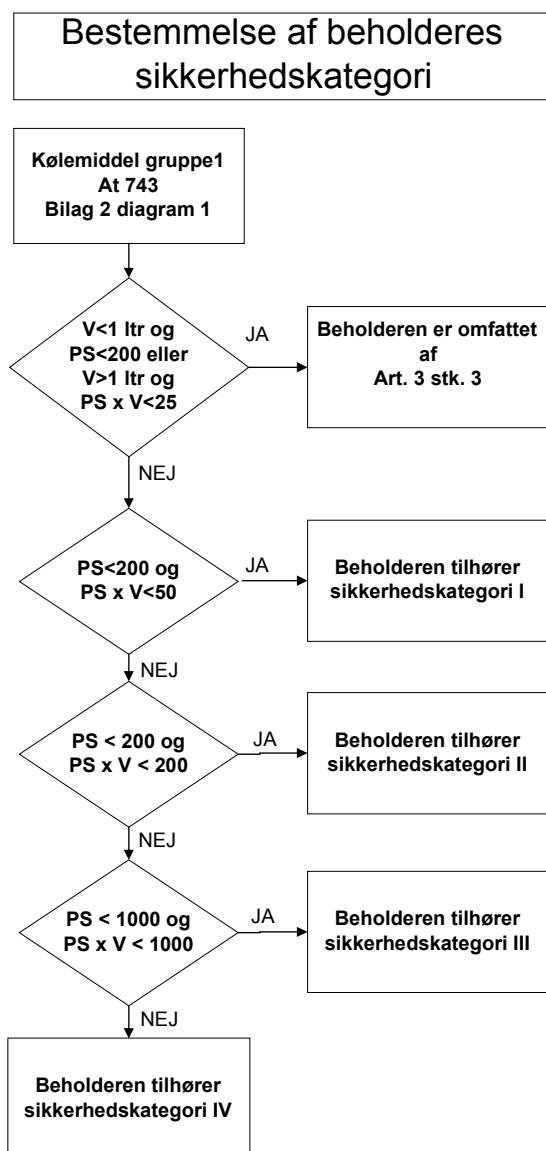
$s = \frac{D_a \times p}{20 \times \frac{K}{S} \times v + p} + c_1 + c_2$	s : Godstykkelse Nominel [mm]
	D <sub>a</sub> : Udvendig diameter [mm]
	p : Beregningstryk [bar]
	K : 0,2 % spændingen [N/mm <sup>2</sup> ]
	S : Sikkerhedsfaktor B0 tabel 2 (1,5)
	v : styrkefaktor for sammenføjninger
	c <sub>1</sub> : tillæg for negativ tolerance
	c <sub>2</sub> : Korrosionstillæg ( er 0 for ikke metaller)

Ad 8. Bestemmelse af rørsystemets sikkerhedskategori følger AT Bekg. 743/99 Artikel 3



Rørsystemets sikkerhedskategori fremgår af bilag 2

- Ad 9. Bestemmelse af trykbeholderes sikkerhedskategori følger PED, AT Bekg. 743 artikel 3 stk. 1.1 – pladevekslerne opfattes som beholdere – Pladevarmevekslernes sikkerhedskategori fremgår af bilag 3.



- Ad 10. Dokumenteringsomfang bestemmes entydigt af den sikkerhedskategori, som enheden hører under. I denne konstruktion indgår ingen komponenter i højere sikkerhedskategori end I. For at konstruktionen kan vurderes som værende i overensstemmelse med Bekg. 743, skal kravene til dokumentation fra modul A (bilag III i PED) være opfyldt.

<b>Modul A</b>	<b>Intern fabrikationskontrol</b>
Beskrivelse:	Ved denne kontrol har fabrikanten selv ansvaret for at kontrollere, at udstyret opfylder Trykbeholderdirektivet, og at produktet er konstrueret og fremstillet som beskrevet i den tekniske dokumentation.
Godkendelsesprocedure:	Ingen godkendelse.
Kontrolomfang:	Den tekniske dokumentation stilles til rådighed for de nationale myndigheder med henblik på inspektion ti år fra datoen for op-høret af fremstillingen af det trykbærende udstyr. Man skal herunder være opmærksom på, at den tekniske dokumentation også omfatter prøvningsrapporter.
CE-mærkning:	Fabrikanten sætter selv CE-mærke på hvert stykke trykbærende udstyr og udsteder en skriftlig overensstemmelseserklæring.
Identifikationsnummer:	Der udstedes intet identifikationsnummer fra det bemyndigede organ.

- Ad 11. I den tekniske dokumentation findes materialecertifikater og beregninger, der understøtter godstykkelse- og materialeoverensstemmelse på kobberrørene og vekslere.
- Ad 12. Fittings i kategori I skal være fremstillet af samme materiale som rørene. Materialets overensstemmelse og sammenfald erklæres skriftlig af leverandøren af rør. Rørenes overensstemmelse bekræftes af et materialecertifikat EN10204 type 3.1B. Der findes ikke fittings med 3.1B certifikat. Minimumsgodstykkelse bestemmes vha. AD Mark blætter. Fremstillingsnormen for det anvendte fittings er ANSI 16.22-89, hvilket er det normale i Danmark.
- Ad 13. Det er endnu ikke muligt at få overensstemmelseserklæringer med PED på ventiler. Leverandøren har i dette tilfælde erklæret skriftligt, at ventilerne er egnede og anvendelige i forbindelse med propan.
- Ad 14. For komponenter i sikkerhedskategori I er det tilstrækkeligt, at der er foretaget trykprøvning ved stikprøvekontrol. Pladevekslerne følges af et trykprøvningscertifikat. Sikkerhedsventilen (SFV) er afprøvet af TÜV nord og plomberet af samme. Sikkerhedsventilen forhindrer trykket i at overstige 18 bar.
- Ad 15. Sammenføjninger er udført med hårdlodning – udført af rutineret montør. Visuel inspektion samt test af loddeprøve. Tilsatsmateriale: AGOP 15 med 15% Ag, 80% Cu og 5% P. Smeltetemperatur 600-800°C.
- Ad 16. Som dokumentation for overensstemmelse anvendes den tekniske dokumentation leverandøren stiller til rådighed. Heri er indeholdt oplysninger om fabrikantens navn, tilladeligt tryk og temperatur, anvendelighed med propan, materialer som indgår i komponenten, bestillingsnummer, trykprøvning og i nogle tilfælde bemyndigende organ.
- Ad 17. Overensstemmelsesvurdering af konstruktionen efter modul A kræver, at den tekniske dokumentation er tilgængelig således, at det er muligt at vurdere konstruktionens overensstemmelse med de relevante krav ti år frem. Dokumentationen er samlet i en mappe.
- Ad 18. Den tekniske dokumentation skal, foruden ovenstående oplysninger, også indeholde diagrammer, tegninger og funktionsbeskrivelse, hvilket ligeledes er samlet.
- Ad 19. Da konstruktionen er bestemt til sikkerhedskategori I, skal fabrikanten ikke have en godkendelse af kvalitetsstyringen. Det er tilstrækkeligt med intern fabrikskontrol.
- Ad 20. Konstruktionen er afslutningsvis tæthedsprøvet ved det maximale tryk som under normal drift kan opstå. Der er samtidig udført lækage test.

### 3.2.1 Kommentar

Et nøgleord, som ofte går igen i forbindelse med PED Bekg. 743 er overensstemmelseserklæring. En overensstemmelseserklæring bekræfter, at komponenten opfylder kravene til en bestemt sikkerhedskategori i Trykudstyrsdirektivet. Det er til stadighed vanskeligt at opdrive komponenter med erklæringer på overensstemmelse. Situationen ændrer sig med tiden, da det er et krav pr. 29. maj 2002 for at CE-mærke produktet. Indtil denne dato må dokumentationen på overensstemmelse vurderes fra komponent til komponent.

I denne konstruktion af en propan/CO<sub>2</sub>-enhed er det propan-rør-konstruktionen, der er interessant, og som er vurderet grundigt. CO<sub>2</sub>-rørkonstruktionen kommer mht. til godkendelse ikke i søgegruppen. CO<sub>2</sub> tilhører gasgruppe 2, og grænserne for produktallet PxV er større. Tværsnittet på CO<sub>2</sub>-rørene (1/2" og 3/8") er små, og dermed er godstykkelsen på standardrør rigeligt til endog meget høje tryk.

### 3.3 Sammenfatning af hovedkomponenter - propan

Antal	Beskrivelse	Leverandør
2	Kompressorer	Bitzer, 4T-8.2P
1	Luftkølet kondensator	ECO FCE 071C63
1	Pladevarmeveksler	Propan/glykol: 21 kW, Swep, B25x70
1	Pladevarmeveksler	Propan/CO <sub>2</sub> : 10 kW, Swep V27x80 HP
1	Pladevarmeveksler	Propan/propan: 2 kW, Swep, B12x70
1	Pladevarmeveksler	Propan/glycol 3 kW, Swep B27x50
1	Elektr. ekspansionsventil	Danfoss ETRE – 30 kW
1	Elektr. ekspansionsventil	Siemens Staefa – 14 kW

Tabel 3: væsentlige/hovedkomponenter til propananlæg

### 3.4 Anvendelse af propananlæg:

Som det fremgår tidligere i dette afsnit, er anvendelsen af trykbærende udstyr et nationalt anliggende, og her gælder Bekendtgørelse 746. Enheden skal derfor anmeldes til Arbejdstilsynet med kopi af konstruktionsgrundlag. Desuden er der følgende oplysninger, der skal leveres med anlægget:

Anlægget skal være forsynet med et passende antal drifts- og vedligeholdelsesvejledninger, der giver anvisninger på, hvordan systemet skal serviceres.

Desuden skal vejledningerne indeholde oplysninger om de forholdsregler, der skal tages i tilfælde af nedbrud eller lækager. Alle vejledninger skal af fabrikannten eller installatøren være udfærdiget på dansk. Manualerne skal mindst indeholde følgende informationer, såfremt de skønnes relevante:

- Anlæggets formål
- Beskrivelse af anlægget og dets udstyr
- Beskrivelse og driftsdetaljer for hele systemet inklusiv komponenter med diagram for kølekredsen samt diagram for det elektriske kredsløb
- Instruktioner for start, stop og stilstand af systemet eller dele heraf
- Instruktion for bortskaffelse af væske og udstyr
- Årsager til de mest almindelige fejl og forholdsregler, der skal tages f.eks. instruktioner vedrørende lækager, som opdages af autoriseret personale og



- behovet for tilkaldelse af kompetent vedligeholdelses-personale i tilfælde af lækage eller nedbrud
- g) Forholdsregler, der skal tages for at hindre frysning af vand i kondensator, fordampere osv. ved lave omgivelsestemperaturer eller ved reduktion af systemtrykket
  - h) Forholdsregler, der skal tages i forbindelse med løft og transport af systemet eller dele heraf
  - i) Informationer som de fremgår af maskinkort i uddrag eller hvis nødvendigt i sin helhed
  - j) Forebyggende foranstaltninger til førstehjælp og procedurer, der skal følges i forbindelse med f.eks. lækager, ild og eksplosion.
  - k) Vedligeholdelsesinstruktioner for hele systemet med planlagt forebyggende vedligehold for at forebygge lækager
  - l) Instruktioner for påfyldning, aftapning og erstatning af kølemidler.
  - m) Instruktioner angående håndtering af kølemiddel og farer forbundet hermed.
  - n) Behov for periodiske eftersyn af nødbelysning, inklusive flytbart lys.
  - o) Instruktion for funktion af og vedligeholdelse af sikkerhedsudstyr, beskyttelses- og førstehjælpsudstyr, alarmer og pilotlys.
  - p) Vejledning i udfyldelse af logbog.
  - q) De nødvendige certifikater

### **3.4.1 Maskinkort**

Maskinkort skal indeholde følgende informationer:

- a) Navn, adresse og telefonnummer for installatør, serviceafdelingen eller anden servicepartner eller en person, der er ansvarlig for kølesystemet, samt telefonnummer til brandvæsen, politi, hospitaler og forbrændings-centre.
- b) Angivelse af kølemiddel med angivelse af kemisk navn og dets nummer som angivet i standarderne.
- c) Instruktion for lukning af systemet i en nødsituation
- d) De maksimale tryk
- e) Detaljer om kølemidlets brændbarhed.

### **3.5 CO<sub>2</sub>-anlægget**

Stilstandstrykket (mætningstrykket) ved f.eks. 25°C vil være ca. 64 bar, hvilket er et meget højt tryk, at dimensionere anlægget efter. Der er flere forskellige måder at dimensionere anlægget på, således at et lavere designtryk kan opnås. I dette tilfælde er valgt et system, hvor kølemidlet blot blæses af til omgivelserne, hvis trykkene overstiger de tilladte grænser. Det forventes, at anlægget er i drift hele tiden, således at trykket i CO<sub>2</sub>-anlægget hele tiden holdes under disse grænser.

	Drift	Stilstand
Lavtryksside	19 bar	25 bar
Højtryksside	32 bar	40 bar

Maksimalt tryk på sugeside er 19 bar under drift. En starttryksregulator (KVD) placeret på kompressorens sugeside holder trykket under 19 bar ved opstart. Sikkerhedsventiler sikrer endvidere kompressoren mod for høje tryk (19/32 bar).

Maksimalt tryk på højtrykssiden er 32 bar. En højtrykspressostat sikrer kompressor mod for højt afgangstryk. Sikkerhedsventiler sikrer endvidere kompressoren mod for høje tryk (19/32 bar).

- Valg af komponenter til CO<sub>2</sub>-anlæg
  - Semihermetiske kompressorer fra Bitzer (frekvensomformer fra Dan-foss)
  - Ekspansionsventiler fra Danfoss AKV
  - Standard receiver/tørrefilter/skueglas
  - Sikkerhedsudstyr (sikkerhedsventiler, pressostater, tryktransmittere, gassensor osv.).
- Valg af materialer
  - CO<sub>2</sub>-anlægget er udført i loddede kobberør
  - Fordampere er udført som traditionelle kobber/aluminium veksler (rør/lamel) dog med 3/8" rør.

Antal	Beskrivelse	Leverandør
1	Kompressorer til CO <sub>2</sub>	Bitzer, X2KC-3.2, BSE 55
	-	

Øvrige komponenter fremgår af bilag 6.

For CO<sub>2</sub>-anlægget er der relativt større tryktab, men omsat til grader er tryk-tabene små. For hhv. væske-, suge- og trykledning er tryktabene ca. 0,11 bar (0,15K), 0,35 bar (0,8K) og 0,01 bar. Som det ses, er tryktabet selv ved anvendelse af små rørdimensioner lille. Imidlertid er det også varmeindtrængningen fra omgivelserne, der giver de største problemer i forbindelse med CO<sub>2</sub>-anlægget.

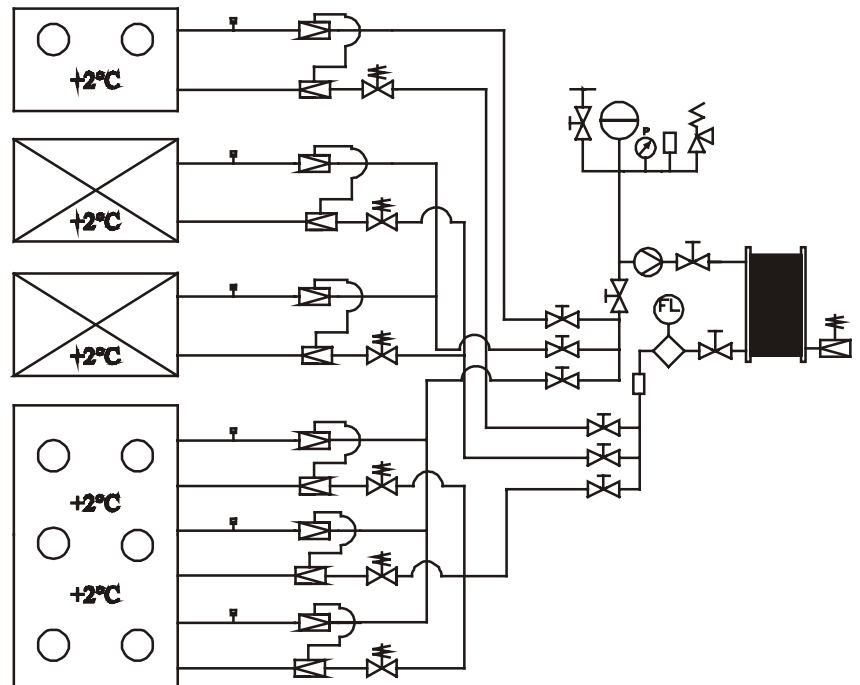
Receiveren og væskeledninger arbejder ved ca. -10°C, hvilket kan give store problemer mht. varmeindtrængning og manglende underkøling. På sådanne anlæg med lange rørstrækninger (f.eks. 20 m) skal tryktabet holdes under 0,1K, og med omkring 30 mm isolering kan opvarmningen af CO<sub>2</sub>-væsken holdes nede på ca. 0,7K. Dette kan være tilstrækkeligt til at undgå flashgas før ventilerne. Alternativt kan der monteres en veksler i hvert møbel.

### 3.6 Brineanlæg

Brinekredsen reguleres af en pumpe, som p.t. kører med konstant flow. Den totale udbredelse af hovedkredsen er 30 m. Tryktabet i hhv. fremløb og retur ligger omkring 0,7 bar, mens tryktabet i de anvendte varmevekslere med brine ligger mellem 0,2 og 0,4 bar. Tryktabet i delstrengene (rør, ventiler og veksler) ligger mellem 0,3 og 0,5 bar.

Der er i brinekredsen monteret strengreguleringventiler – ASV-PV og ASV-I fra Danfoss. Ventilerne skal sikre ensartet trykfald over de enkelte delkredse.

Problemet med ”skæv” belastning på delstrengene bliver mere udtalt på større brineanlæg. Forbindelsen mellem brinevekslere i maskinrum og vekslere i møbler er udført med slanger, der er trukket gennem rør i gulvet. De kolde slanger, som ligger inde i møblerne, har i den varme sommermåned givet kondensproblemer på undersiden af møblet, hvilket resulterede i vand på gulvet. Problemet kan afhjælpes med forøget ventilation under møblerne.



Figur 6: Brinekreds med ASV-PV og 1 strengreguleringsventiler på hver enkelt vekslerkreds .

### 3.7 Sikkerhed

#### 3.7.1 Sikkerhed – maskinrum

Propananlægget er opstillet i et maskinrum i en tæt og ventileret kasse. Kassens mekaniske ventilation, som altid er i drift, sikrer et konstant undertryk i kassen (i forhold til det omsluttende maskinrum) på 10 Pa samt en ventileret volumenstrøm på 230 m<sup>3</sup>/h.

Kassen vil således kunne betragtes som en zone 2, hvor udstyrets tæthedegrad skal svare til IP 54. Maskinrummet omkring kassen specificeres som uklassificeret område.

En trykvagt (differenstrykstranducer) registrerer hele tiden, om det angivne undertryk opretholdes. Hvis dette ikke er tilfældet, afbrydes strømmen til alt ikke EEx-sikret udstyr i maskinrummet (alt udstyr ekskl. nødllys, mekanisk ventilation og trykvagt). Gennem ventilationskanalen fra kassen til omgivelserne er trykgas- og væskerør ført og forbundet til kondensatoren, der er opstillet på taget af bygningen.

CO<sub>2</sub>-anlægget er opstillet i selve maskinrummet, hvorfra væske- og sugerør er forbundet til frostmøblerne. Maskinrummet er opbygget med naturlig ventilation (gitterrest ved siden af døren). Ved udslip af CO<sub>2</sub> i maskinrummet vil gassen lægge sig ved gulvet og automatisk blive ventileret bort. Maskinrummet har endvidere monteret CO<sub>2</sub>-detektor, der registrerer CO<sub>2</sub>-gas ved 4000 ppm.

Under 5000 ppm (0,1 kg/m<sup>3</sup>) påvirker CO<sub>2</sub> ikke mennesker selv ved lang tids ophold i denne atmosfære. Med en fyldning på 6 kg skal vi således have et volumen på over 60 m<sup>3</sup> for at ligge under denne grænse. De eneste rum, hvis volumen er mindre end 60 m<sup>3</sup> med fare for CO<sub>2</sub>-udslip, er maskin- og frostrummet. Det er derfor valgt at installere CO<sub>2</sub>-detektorer i disse rum med tilhørende alarm.

<b>Kølemiddel: R290 og CO<sub>2</sub></b>	
Fyldningsmængde (masse);	10 kg/6 kg
Rumvolumen (HxBxD) Maskinrum; ((3x1,6)+(3x1,7x0,5))x3 = 22,0 m <sup>3</sup> Kasse; 1,4x2x1 = 2,8 m <sup>3</sup>	
Efter EN 378 og tillæg til IEC 335-2-40 Ventilationskrav; $V = 50x(m)^{2/3}$ (m <sup>3</sup> /h)	230 m <sup>3</sup> /h
Beredskabsstyrelsen Ventilationskrav; Tømning af rummet for gas inden for 10 min.	2,8 m <sup>3</sup> /10 min x 60 = 16,8 m <sup>3</sup> /h
Klassificering af rum	
Kassen	Zone 2 – IP44
Maskinrummet	Uklassificeret område
Ventilationsudstyr og ventilationskanal	Zone 1 – dvs. ex-sikret

Tabel 4: Ventilationskrav

### 3.7.2 Sikkerhed – drift

Alle kompressorer (propan og CO<sub>2</sub>) har monteret høj- og lavtrykspressostater. Propankompressorerne har endvidere intern oliepumpe, hvorfor der på disse kompressorer er monteret oliedifferenspressostater. Pressostaterne på propananlægget udgøres af KP 17W med dobbeltbælg. Kontakt sættet i pressostaten er forsynet med egensikker strømkreds, Egensikre strømkredse kan ikke frembringe gnister eller opvarmning af en sådan art, at en given eksplosiv atmosfære kan antændes.

Barrierer og kontaktorer er placeret uden for propankassen(zone 2) i eltavlen i maskinrummet (uklassificeret område).

Under drift af anlægget skal trykket i CO<sub>2</sub>-anlægget hele tiden holdes under 32 bar af propananlægget. Det er ikke muligt at køre med CO<sub>2</sub>-kompressoren, uden at propananlægget kører.

### 3.7.3 Sikkerhed – stilstand (CO<sub>2</sub>)

Stilstand vil i forbindelse med køleanlæg i butikker praktisk talt aldrig forekomme, kun ved fejl (strømafbrydelse) kan det ske. Under stilstand vil trykket i CO<sub>2</sub>-anlægget stige langsomt. Ekspansionsventilerne til CO<sub>2</sub>-fordamperne vil være lukkede, og højtrykssiden vil derfor være afspærret mellem kompressorens trykventil og ekspansionsventilen. Pga. varmeindtrængningen vil trykket her stige langsomt.

Trykket vil stige fra det normale kondenseringstryk på 26,5 baro (-10°C) til 32 baro (-2°C) (sikkerhedsventilens indstilling) på 3 til 4 timer. Der er på det aktuelle anlæg valgt blot at anvende sikkerhedsventil, således at der efter 3 til 4 timers stilstand af propananlægget vil blive blæst CO<sub>2</sub> af til omgivelserne.

Afblæsningen vil foregå roligt, hvor CO<sub>2</sub> siver ud af sikkerhedsventilen med ca. 0,4 kg/h. Afblæsning til omgivelserne er den billigste og mest rentable metode til reduktion af trykket for CO<sub>2</sub>-anlæg i supermarkeder. En anden løsning kunne være at anvende en ekspansionsbeholder, men investeringen til denne er simpelthen for stor.

### 3.7.4 Sikkerhed – service

Ved service af propananlægget kan montøren afbryde trykvagten, således at kassen kan åbnes, uden at strømmen til maskinrummet afbrydes. Dette gøres ved hovedtavlen i lagerlokalet vha. en nøgleafbryder. Nu kan montøren servicere propananlægget, uden at anlægget stopper. Da der nu ingen sikkerhed er i forbindelse med et eventuelt udslip af gas (propan), skal montøren medbringe en *propandetektor*, som ved lyd og lys vil advare ham om et eventuelt udslip (koncentrationer over 4000 ppm). Under service holdes døren til maskinrummet åben. Forekommer der udslip fra anlægget under service, og detektoren advarer montøren, skal han straks forlade rummet og afbryde strømmen til maskinrummet.

## 3.8 Service af anlægget

Ved service af køleanlægget er det vigtigt at være opmærksom på de specielle egenskaber som propan og CO<sub>2</sub> har:

<b>Propan</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Brandfarligt</b> kølemiddel. Ild og rygning er forbudt i maskinrummet under alle omstændigheder!!</li> <li>– <b>Gasdetektor</b> skal altid anvendes i maskinrummet, når vakuemet til propankassen brydes!!!</li> <li>– <b>Kølemiddel</b> påfyldes og tømmes udenfor ved filter!!!</li> <li>– <b>Al udslip af propan</b> i maskinrummet skal undgås!!!</li> <li>– Ved <b>udslip</b> af propan i maskinrummet skal al strøm til ikke ex-udstyr afbrydes!!!</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Anvend <b>CO<sub>2</sub>-detektor</b> ved arbejde i rummet.</li> <li>– <b>Kølemiddel</b> påfyldes og tømmes ved receiver i maskinrummet. Ved tømning placeres slange i udsugning.</li> <li>– <b>Pas på</b> - tøris kan dannes af CO<sub>2</sub>-væske ved hurtig sænkning af tryk (&lt;5,18 bar).</li> <li>– <b>Pas på</b> - CO<sub>2</sub> arbejder ved meget høje tryk, og trykket skal holdes under 30 bar vha. propananlægget.</li> <li>– <b>Pas på</b> - meget høje tryk i alle rørledninger, også i sugeledninger.</li> </ul>

Tabel 5: Huskereglere ved service af hhv. propan- og CO<sub>2</sub>-anlæg – opsat på propankasse.

CO<sub>2</sub>-anlægget skal stoppes og tømmes, før propananlægget stoppes, hvis større service af propananlægget skal gennemføres! Ved stoppet propananlæg vil trykket overstige tilladelige grænser inden for 2 til 3 timer!

### 3.8.1 Propan

Påfyldning og tømning af propan sker udendørs på taget ved tørfilteret. Propananlægget suges tomt ved pump-down og tømmes ved fyldeventil. Propan kan tømmes direkte ud i atmosfæren, men koster 250 kr./kg.

Propan påfyldes ved fyldeventil. Afgangssiden til afspærringsventilens tørfilter lukkes. Anlægget er påfyldt ca. 10 kg propan. Under drift kan skueglasset anvendes til at påfylde den korrekte mængde.

### 3.8.2 CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub>-anlægget stoppes og tømmes ved langsom afblæsning til atmosfæren gennem slange til omgivelserne (uden for rummet). CO<sub>2</sub> koster 15 kr./kg og kan påfyldes igen. Tømningen skal ske langsomt, således at trykket i anlægget ikke kommer under 5,18 bar, mens der stadig er væske. Ellers dannes der tøris i anlægget.

CO<sub>2</sub> kan og må kun påfyldes anlægget, hvis propananlægget kører korrekt (ellers kan trykket ikke holdes nede). CO<sub>2</sub> påfyldes ved receiveren i maskinrummet (trykket her er lavere end mætningstrykket for CO<sub>2</sub> ved stuetemperatur). Kølemidlet kan påfyldes ved stilstand af kompressor, men for at bestemme den korrekte fyldningsmængde skal kompressoren køre. I dette tilfælde anvendes skueglasset ved receiveren. Ved påfyldning under drift påfyldes kølemidlet langsomt for at undgå for høje tryk efter kompressoren.

Anvend anordning med reduktionsventil og manometre fra f.eks. Hydro Gas.

Før opstart skal man sikre sig, at de enkelte kølemiddelkredse er funktionsdygtige. Først skal brinekredsen startes op. Her er gennemskyldning og afluftning essentiel for anlægget funktion. Endvidere skal pumpen og pumpetryk kontrolleres (maskinrum).

Herefter kan propananlægget startes. Evakuering af anlægget er væsentlig samt kontrol af olieniveau i kompressor. Efter opstarten af propankompressoren kan anlægget efterfyldes. Efter at propananlægget er startet og kører korrekt, kan CO<sub>2</sub>-

anlægget startes. Hvis anlægget har været trykløst, skal det evakueres, og kølemiddel påfyldes.

### **3.8.3 Propananlægget**

- Service
  - Min. 97,5% ren propan skal anvendes
  - Svejse/lodde med baggas og holde anlægget rent (vakuum skal holdes ved 1,5 mbar)
  - Under 50 ppm fugt i anlægget (tørrefilter og fugtindikator)
  - Ventilation i rummet ved service.

### **3.8.4 CO<sub>2</sub>-anlægget**

- Service
  - Min. 99,9% ren CO<sub>2</sub>
  - Lodde med baggas og holde anlægget rent (vakuum skal holdes ved 1,5 mbar)
  - Under 50 ppm fugt i anlægget (tørrefilter og fugtindikator)
  - Ventilation i rummet ved service

## **3.9 Styring**

Styringen af anlægget er bygget op om separate styringer af hhv. kompressorer og møbler. Der anvendes styringer fra Danfoss til både møbler og kompressorer. Kompressorerne styres efter konstant sugetryk. Propananlægget arbejder ved –14°C, hvilket giver en fremløbstemperatur af brinen på ca. –10°C og en kondenseringstemperatur for CO<sub>2</sub>-anlægget ligeledes på –10°C.

Møblerne styres gennem Adap-Kool regulatorer uafhængigt af køleanlægget. For møblerne kan blæsere, kantvarme og afrimninger styres. Endvidere styres kondensatorblæsere og pumpe uafhængigt af kompressorerne.

Ekspansionsventilerne til de to propanfordampere (brinekøler og kaskadeveksler) anvender deres egen regulator, hvor der udelukkende styres efter overhedningen.

### **3.9.1 Propankompressorer**

- Disse kompressorer styres vha. en Danfoss AKC 25H1
- Kompressorerne styres udelukkende efter fordampertrykket (sættes som udgangspunkt til 3 bar abs. ~ -14°C)
- Propananlægget må ikke startes, uden at brinepumpen kører
- Sikkerhed i form af olieforskel- og højtrykspressostater er tilkoblet AKC 25H1
- Ekspansionsventilerne (propan) lukkes ved kompressorstop.

### **3.9.2 Propankondensator**

- ECO Type FCE 071C63
- Tre kondensatorblæsere styres af AKC 25H1 via tryktransmitter og neutralzoneregulator, sætpunktet er 25°C.

### **3.9.3 Ekspansionsventiler til propan**

- Brineveksleren styres af Danfoss AKC med ETRE-ekspansionsventil.
- Kaskade veksleren styres af Siemens Steafa ventil.

### 3.9.4 Brinepumper

Anlægget er monteret med Grundfos CRE 5-4 brinepumpe. Pumpen er monteret med Grundfos' egen styring. Pumpen kan få styresignal fra differensstrykstransmitter monteret i reolen eller over brineveksler.

### 3.9.5 CO<sub>2</sub>-kompressor

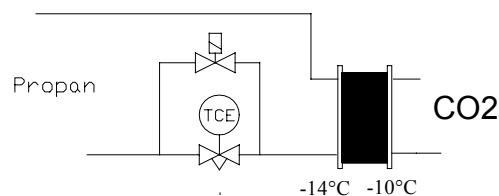
- Styres vha. AKC 25H5 med frekvensomformer VLT 2800, hvor sætpunkt for sugetryk som udgangspunkt sættes til 14 bar abs. (~ -32°C)
- Kompressoren må ikke startes, uden at propananlægget kører
- Høj- og lavtrykspresostat tilkoblet (der er ikke oliepumpe på kompressor).

CO<sub>2</sub>-kompressoren tvangsstarter en propankompressor på halv kapacitet. Kompressorens omdrejningstal bestemmes af AKC 25 H5.

Omdrejningsreguleringen foregår via intern PI-regulator, hvor forstærkning og integrationskonstant er valgt således, at ændringen af omdrejningstal er behersket grænsende til langsom. Langsom ændring af omdrejninger på CO<sub>2</sub>-kompressor giver langsom forøgelse af kondenseringstryk, hvilket forbedrer indsprøjtningens mulighed for at tilpasse overhedningen på propansiden af kaskadeveksleren.

### 3.9.6 Kaskadevekslerens regulering

Indsprøjtningensventilen på kaskadeveksleren er i dette tilfælde en Siemens-Staefa ventil - styret af en Siemens PolyCool-regulator. Regulatoren er en "ren" PID-regulator med overhedningssignal som procesvariabel.



Figur 7: By-pass på kaskade

Under opstart stiger trykket på CO<sub>2</sub>-siden hurtigt. Overhedningssignalet på propansiden stiger som følge af et stort p-bånd langsommere, og CO<sub>2</sub>-kompressoren stopper på højtryk.

Det store p-bånd er en nødvendighed, da CO<sub>2</sub> -gassen er +45°C ved tilgangen og -10°C ved afgang.

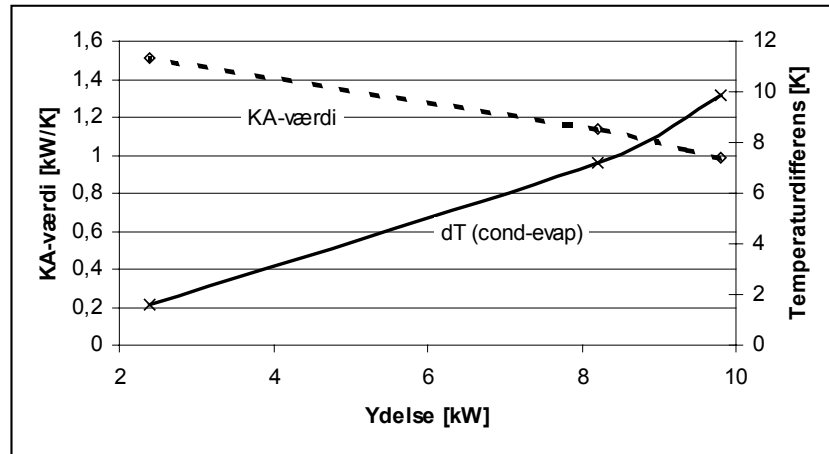
For at kompensere for stort p-bånd, indstilles differencial-leddet højt, således at forholdsvis små ændringer i procesvariabelen (overhedning) giver reaktion i ventilen. Desværre reagerer ventilen også hurtigt med lukning ved mindre opkog af væske.

Konklusionen på denne unøjagtige opstartssekvens er, at regulatoren skal styre ventilen med en opstartsrutine, som fastholder åbningsgraden på ventilen under opstart i forudbestemt tid, efterfølgende frigives PID-regulatoren til styring af ventil. Under normal drift skal regulatoren kun anvende proporti-onalregulering.



På den aktuelle sag er opstartsrutinen klaret med et by-pass, som vist på figur 7, hvilket ikke bliver den eneste løsning på problemet i fremtiden. Flere leverandører implementerer opstartsrutine i softwaren.

### 3.9.7 KA-værdi



Figur 8: Kaskadevekslerens temperaturdifferens og KA-værdi afhængig af ydelse

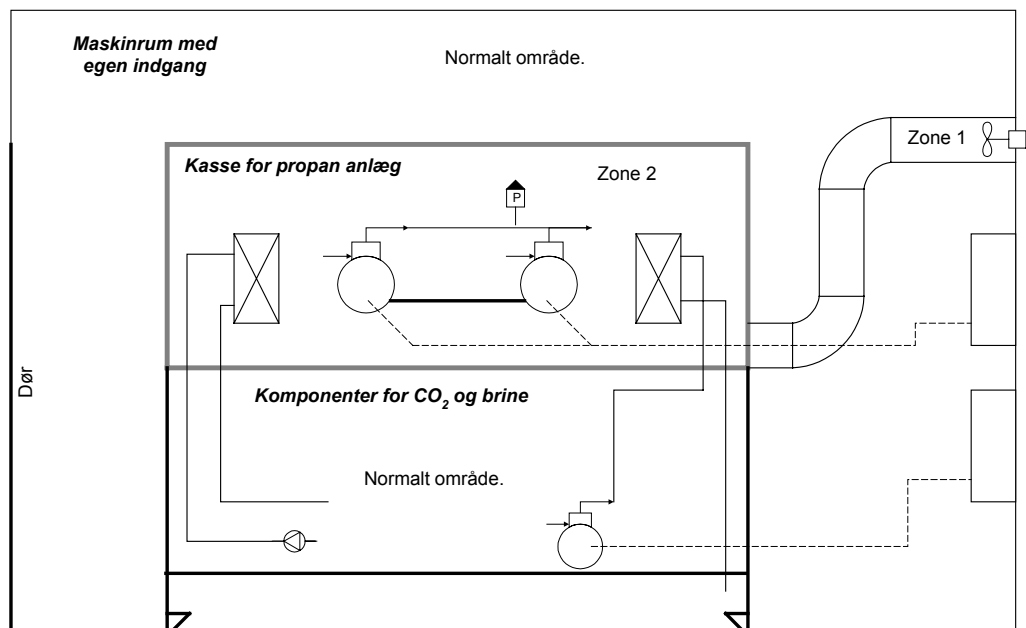
Som det ses, er temperaturdifferensen meget afhængig af ydelsen. Dette bliver endda forstærket ved, at vekslerens KA-værdi falder med stigende ydelse.

### 3.10 Daglig drift

Mht. drift af anlæg henvises til Journal nr. 731327/99-0199: Demonstration af naturlige kølemidler i supermarkeder.

### 3.11 Zoneinddeling og el-installation

Zoneklassificering::



Det er Beredskabsstyrelsen, der suverænt afgør zoneklassificeringen i Danmark. Beredskabsstyrelsen har vurderet, at kassen er tilstrækkeligt ventileret til at holde evt. gasser nede på max. 25% af nedre eksplosionsgrænse, og der er særlig sikret ventilation, som i tilfælde af ventilationssvigt afbryder alt ikke EEx-udstyr. Dermed er kassen klassificeret som zone 2 under normal drift og som zone 1 ved svigt. Området uden for propankassen, men inden for i maskinrummet er uklassificeret. I ventilationskanalen er der zone 1 og ventilatoren skal derfor være i EEx-udførelse (Brandteknisk Vejledning nr. 19).

Ved ventilationssvigt brydes hovedafbryderen til hele køleinstallationen, dvs. møbelstyringer, lys i møbler osv. Alarmer kan dog stadig sendes fra systemet.

Systemet er sikret mod overskridelse af designtrykket på højtrykssiden med en sikkerhedsventil. Området omkring udblæsning fra sikkerhedsventilen er ligeledes zone 2-område, ventilen er placeret på taget. Afblæsningsåbningen fra udluftningsventilen på brinesystemet er også klassificeret som zone 2-område.

### **3.11.1 Zone 2**

Zone 2 er områder, hvor der kun undtagelsesvis og da kun i korte perioder forekommer eksplosiv atmosfære. I den harmoniserede standard 60079-10 defineres korte perioder som maks. 10 timer pr. år.

### **3.11.2 El-installation**

El-installationen følger Elektricitetsrådets stærkstrømsbekendtgørelse kapitel 704 - Eksplosionsfarlige områder. Iflg. bekendtgørelsen skal materiel anvendt i zone 2 være mindst IP 44, overfladetemperaturen må ikke overstige 100°C og stikkontakter skal være med låg. Der er ligeledes generelle regler om beskyttelse mod farlige gnister og krav om egensikkerhed ved benyttelse af materiel i forbindelse med gasgrupperne IIA, IIB og IIC.

Kravene i Stærkstrømbekendtgørelsen til installation i eksplosionsfarlige områder læner sig op af EN 60079-14.

### **3.11.3 Propan**

Propan hører til gasgruppe IIA og temperaturklasse T1 – identisk med NH<sub>3</sub>.

### **3.11.4 Egensikkerhed**

Ved egensikkerhed forstås: en strømkreds, som både under normal drift og under fejlforhold ikke kan frembringe gnister eller opvarmning af en sådan art, at en given eksplosionsfarlig atmosfære kan antændes.

### **3.11.5 El-komponenter i Fakta Beder**

Propankonstruktionen i Fakta Beder indeholder pressostater til høj- og lavtryks-overvågning, tryktransmittere til regulering af kompressorerne og olie-tryksovervågning. Alle disse komponenter er i direkte kontakt med propan. Komponenterne er monteret i zone 2 område (i propankassen). De fælles bestemmelser for eksplosionsfarlige områder omfatter disse dele. Kravene bliver derfor egensikkerhed for tryktransmitterne og beskyttelse mod farlige gnister

mellem kontaktsæt i pressostater. Oliedifferenstrykovervågningens timerfunktion erstattes af PLC.

Pressostaterne er med dobbeltbælg, guldkontakter og IP 54 indkapsling (KP17W). Sikkerhed mod gnistdannelse opnås med EEx-godkendt impuls-isolator (fra PR), hvor spændingen til kontaktsættet ikke overstiger 8 volt.

Oliedifferenstrykovervågningen på kompressorerne foretages med traditionel MP54er, hvor varmelegemet er erstattet af mindre PLC, som er monteret uden for zone 2 i el-skab.

Tryktransmittere til kompressorstyringen er med egensikker strømkreds, som er opnået med en Eex-godkendt zenerbarrier(fra PR).

Klemkassen på kompressoren er i IP54 udførelse og med speciel klemrække. Spoler til magnetventiler er adskilt fra gas med et ankerrør. Spolerne er IP67 og 24 volt AC.

Det kan diskuteres, om det er et krav i Stærkstrømsbekendtgørelsen kapitel 704, at der skal anvendes egensikker strømkreds i forbindelse med tryktransmitterne.

### 3.12 ATEX-direktivet

Med indførelse af ATEX-direktivet ved Bekendtgørelse 696 og 697 med virkning fra 30.06.03 er det ikke længere muligt at anvende kapitel 704 fra Stærkstrømsbekendtgørelsen som regelgrundlag. Direktivet omfatter elektrisk og mekanisk udstyr, der anvendes i eksplosive atmosfærer. Ved indførelse af direktivet bliver de harmoniserede standarder gældende grundlag for opfyldelse af ATEX-direktivet.

De harmoniserede standarder for el-materiel hedder EN 60079-10 til 17 og EN 50014 til 50021.

Alt elektrisk og mekanisk materiel, der skal anvendes i EEx-område, skal være godkendt og certificeret iht. EN 50014 til 20.

For materiale i zone 2 gælder: Materiel egnet for zone 0 og 1 eller udstyr specielt egnet for zone 2 kan benyttes. F.eks. efter beskyttelsesmåde "n" eller udstyr, der er kapslet med IP54, og som ikke producerer gnister. Udstyr, som evt. producerer gnister, skal opfylde kravene beskrevet i IEC 79-11.

Ved indførelse af ATEX direktivet sikres ensartet sikkerheds- og sundhedsforhold gennem fælles europæiske regler og retningslinier.

#### 3.12.1 ATEX og Fakta Beder

Kravene til el-installationen bliver ikke skærpet ved indførelse af ATEX-direktivet. Reglerne er muligvis mere entydige og klare.

Producenter af komponenter til EEx-installationer skal dokumentere overensstemmelse med direktivet og de harmoniserede standarder. Produktet skal CE-mærkes iht. ATEX.

Efter den 30/6-2003 skal tryktransmittere være i Eex udførelse med CE-mærke og påstemplet: "EEx", som viser overensstemmelse med standarderne, "ia eller ib",

der viser beskyttelseskategori IIA, som er gasgruppen for bl.a. propan og T1 for temperaturklasse. Stemplingen vil i praksis være ”bedre” end disse. Komponenterne er generelt klassificeret til højere gasgrupper og temperaturklasser end de her nævnte.

Pressostaterne skal ligeledes CE-mærkes og beskyttet med zenerbarrierer. Stærkstrømsbekendtgørelsens kapitel 704 lægger sig ofte op af de samme standarder, som er harmoniseret og gældende fra den 30/6-2003. Af samme grund bliver det ikke den store forskel for installatøren.

### **3.12.2 Kommentar**

Ved indførelse af ATEX-direktivet bliver også el-delen omfattet af den ”nye” metode til godkendelse af installationer, altså at producenten skal dokumentere overensstemmelse med direktivet og CE-mærke enheden identisk med Tryk-udstyrdirektivet. Den leverede enhed (køleanlægget) skal CE-mærkes også mht. ATEX.

## 4 Energi

Fakta-kæden består af ca. 250 butikker med en spredning i alderen fra 0 til 25 år. Denne udvikling resulterer i, at butikkernes køleinstallationer varierer og afspejler normal køleteknisk udvikling gennem 25 år. Butikkerne kan derfor ikke betragtes som en homogen masse, men må grupperes efter alder og type installation. Gennem de senere år er nye butikker bygget ud fra et fast koncept. Der er derfor i dag en større mængde butikker, som kun varierer i det små mht. kvadratmeter, antal lys, ventilation og køleinstallationer.

### 4.1 Referencebutikker

De butikker, som danner sammenligningsgrundlaget for Fakta Beder, er alle af nyere dato og tilnærmelsesvis lige store. Butikkerne har fra 32 til 39 meter køleinventar, dvs. antal meter gondol, kølereol, køle- og fryserum, som eksponerer varer til kunder.

Butikkernes samlede elforbrug registreres månedsvis via køleanlæggets elektroniske overvågnings- og reguleringssystem. Elforbruget afspejler butikkernes ensartethed. El-forbruget i de enkelte butikker er selvfølgelig afhængig af personalets adfærd, hvor er butikken placeret i landet, omsætning og åbningstider, men variationerne er begrænset.

Med andre ord: på trods af, at el-forbruget er påvirket af et stort antal parametre, og disse parametre varierer meget, er der alligevel et mønster i fordelingen mellem de forskellige el-forbrugssteder.

El-forbruget fortæller hvornår noget er ”normalt”, og hvornår noget er afvigende i de enkelte butikker.

Denne ensartethed udmønter sig i en fordelingsnøgle for energiforbruget i Fakta-kæden.

Fordelingsnøglen følger ”Brancheenergianalyse Supermarked” kategori 1/2/:

Køle-/fryseanlæg:	64%
Belysning:	33%
Andet:	3%

Overensstemmelsen mellem Fordelingsnøglen fra Brancheenergianalysen og energifordelingen i Fakta er testet og fastlagt ved intern undersøgelse af tredive butikker i Fakta-kæden. Nøglens overensstemmelse er desuden bekræftet i ny intern Fakta-rapport, hvor COWI /3/ har undersøgt 10 forskellige butikker (bilag 7).

#### 4.1.1 Usikkerhed

Ved at benytte energiregistreringen fra mange butikker som reference, flyttes usikkerheden på de enkelte målingerne fra unøjagtighed på måleudstyr, korrektionsfaktorer, driftstimer etc. til usikkerhed på nøgletal. Ved netop at have mange målinger på mange ensartede butikker er usikkerheden på nøgletallene indeholdt i variationen på forbruget.

#### 4.1.2 Tilfældig test

Fakta Solbjerg er identisk med Beder på mange områder og stemmer ligeledes overens med referencegruppen. Butikkerne er af nyere dato, der er 32 meter køleinventar, tre kasseapparater, el-døre til åben og luk. Butikkerne er forskellige mht. ventilation, udendørsbelysning og antal kvadratmeter.

Fakta Solbjergs samlede energiforbrug i juli 2001 lå på 12932 kWh. Butikken er åben mandag til fredag kl. 9.00 til 19.00 og lørdag-søndag fra 9-17.

Butikkens el-forbrug deles mellem køle-/fryseanlæg og belysning, som belaster efter antal åbningstimer + 1 time før og én time efter (personaleadfærd hentet i Fakta Beder). Der er 192 lysstofrør på 58 kW i Fakta Solbjerg.

##### 4.1.2.1 Fordeling efter belysning

For Fakta Solbjergs vedkommende er det kun det totale energiforbrug samt antal lysstofrør, som er kendt. Ved at multiplicere antal lysstofrør med optagne effekt pr. rør og driftstimer fås energiforbrug til lys. Energiforbruget til køl/frys fremkommer ved at subtrahere energiforbrug til lys fra totalforbruget. Forbruget til andet antages at være 3%.

Nøgletals fordeling af energi i Solbjerg juli	Fordeling efter belysning i juli:
64% af 12932 til køl/frys: 8276kWh	8214 kWh (12932-3942-776) kWh
33% af 12932 til belysning: 3880 kWh	3942 kWh
3% af 12932 til andet: 776 kWh	776 kWh

Det ses, at nøgletalsfordelingen kun afviger 1-2 % fra fordelingen beregnet efter antal åbningstimer og lysbelastning., hvilket indikerer, at brugen af nøgletal ved sammenligning af energiforbrug til køl- og fryseanlæg kan benyttes, uden at usikkerheden forøges.

### 4.1.3 Butikker

Nedenunder ses de udvalgte referencebutikker og enkelte målinger fra år 2000 (Komplet tabel bilag nr. 1).

Butik	Søndag	Meter møbel	Juli kWh	Juli kWh/kølfrys	August kWh	August kWh/kølfrys
Hals	Ja	32	15441	9882	15088	9656
Skibhusvej	Nej	36	10445	6685	10810	6918
Kolding	Ja	39	13936	8919	13964	8937
Grenå	Nej	33	11171	7149	12976	8305
Farsø	Ja	32	14342	9179	14251	9121
Børkop	Ja	32	14528	9298	14510	9286
Hjallerup	Ja	32	12256	7844	12464	7977
Struer	Ja	32	13887	8888	14334	9174
Middelfart	Nej	38	12750	8160	13192	8443
Viborg	Nej	37	13106	8388	13106	8388
SUM 8 butikker			105977	67825	108798	69630
Gennemsnit			13247	8478	13600	8704
Nedre kvartil			-15,7%	-15,7%	-8,4%	-8,4%
Øvre kvartil			9,7%	9,7%	6,7%	6,7%

Tabel 6: Uddrag af tabel over energiforbruget i udvalgte Fakta butikker (se tillige bilag 1)

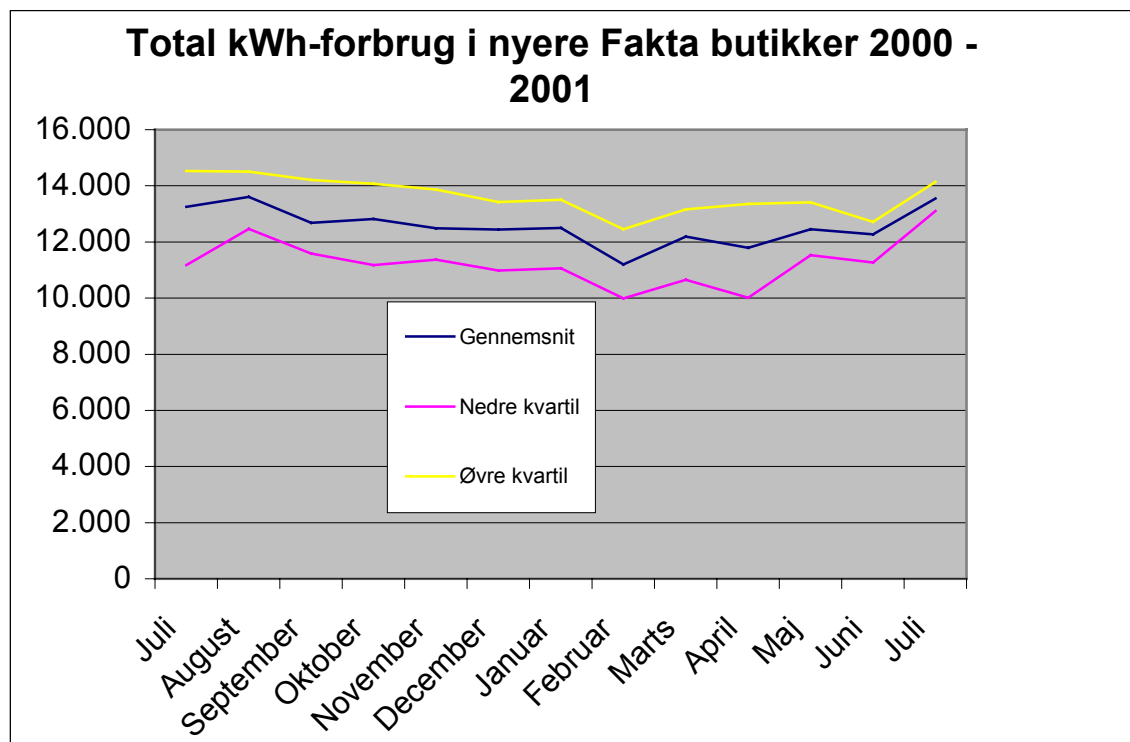
Butik 31 og 158 (de to øverste!) indgår ikke i gennemsnitsberegningen, da de er uden for det sædvanlige.

De øvrige butikker er sammenlignelige. I de butikker der har mere end 32 meter køleinventar er energiforbruget ækvivaleret til 32 meter. Der er ligeledes kompenseret for søndagsåbent i de butikker, der ikke har det som standard.

Har en butik fra denne gruppe et forbrug, der ligger inden for disse grænser, er situationen normal (dvs. afvigelser kan forklares med personaleadfærd, klima, anderledes installationer etc.).

### 4.1.4 Total energiforbrug - referencebutikker

Forbruget i de otte referencebutikker fordeler sig således over året:



Figur 9: Energiforbrug - fakta beder

#### 4.2 Energimålere i Fakta Beder

I Fakta Beder registreres elforbruget tre steder. Foruden butikkens samlede forbrug registreres det totale forbrug til køleinstallationer dvs. kompressorer, ventilatorer, kantvarme, lys i møbler, pumpe og afrymningsvarmelegemer, desuden er der elmåler til brinepumpen.

##### 4.2.1 Effektförbrug i butikken

Butikkens el-belastning fordeler sig som følger:

	antal	kW/stk	Driftstimer/døgn
Køle-/fryseanlæg	1	8682	24
Belysning butik	210	0,058	12
Udendørs belysning	10	0,1	12
Ventilation butik	1	2,62	14
Kasseapparater	3	0,4	12
Flaskeautomat	1	1	1
Diverse	1	2	12

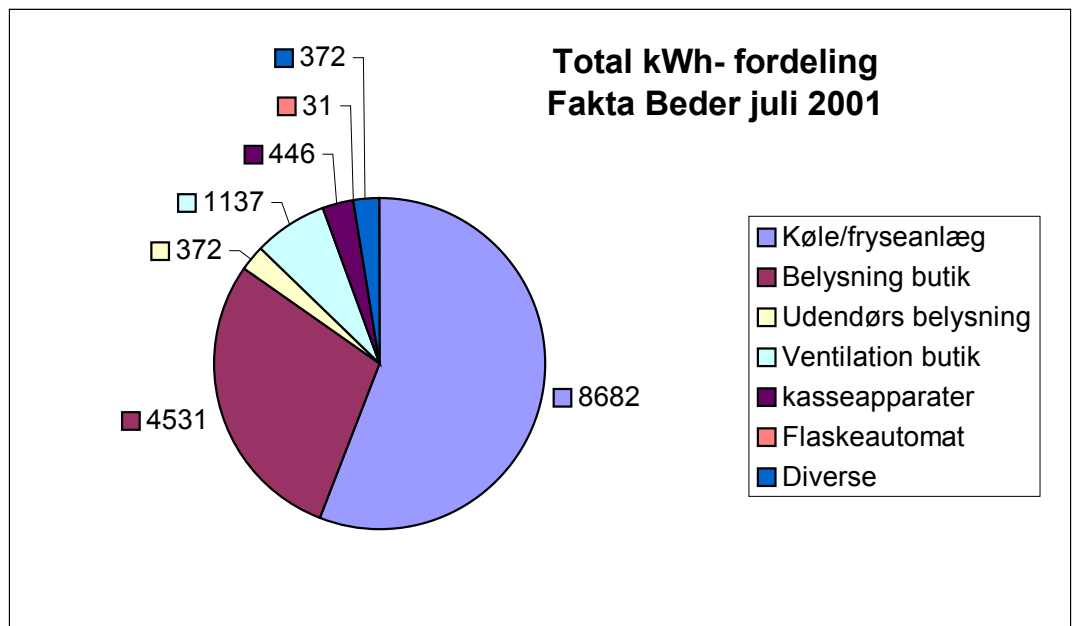
Tabel 7: El-belastning - fakta beder

Fakta Beder er udstyret med ventilationsanlæg, hvilket adskiller Beder fra referencebutikkerne.



#### 4.2.2 Butikkens energiforbrug

Butikkens forbrug i juli fordeler sig således:



Køle-/fryseanlæggets andel af det samlede energiforbrug udgør 8682 kWh

#### 4.2.3 Effektförbrug pr. køle-/fryse komponent

Køle/fryseanlæggets enkelte deles effektförbrug fordeler sig som følger:

Navn	Antal	KW/stk.
Brinepumpe	1	~ 0,4
Kompressor 1 køl	1	~ 5,5
Kompressor 2 køl	1	~ 5,5
Kompressor frost	1	~ 1
Belysning i møbler	8	0,072
Belysning i rum	15	0,07
Kantvarme	10	~0,15
Ventilatorer, møbler	23	0,038
Ventilatorer, rum	8	0,125
Afrimning	12	~0,9
Ventilatorer, kondensator	3	0,125
Elektronik	11	0,01

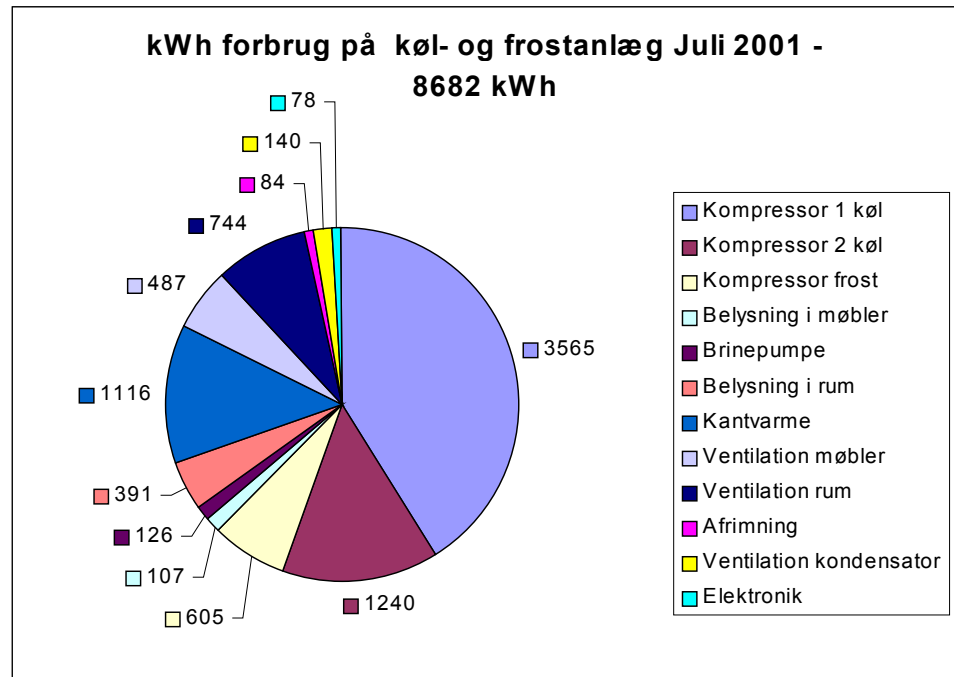
Tabel 8: Køle-/fryseanlæg kW/stk.

Enheder, hvor effektförbruget har foranstående ~, er gennemsnitsværdier. Værdierne er fremkommet ved at betragte ændringen i det totale effektoptag ved gentagne indkobling af enheden. De øvrige angivelser er påstemplet værdier. Nogle

driftstimerne på enhederne er bestemt ud fra logs opsamlet af Adap-Kool systemet. Andre driftstimer er bestemt ud fra opsætning af systemet.

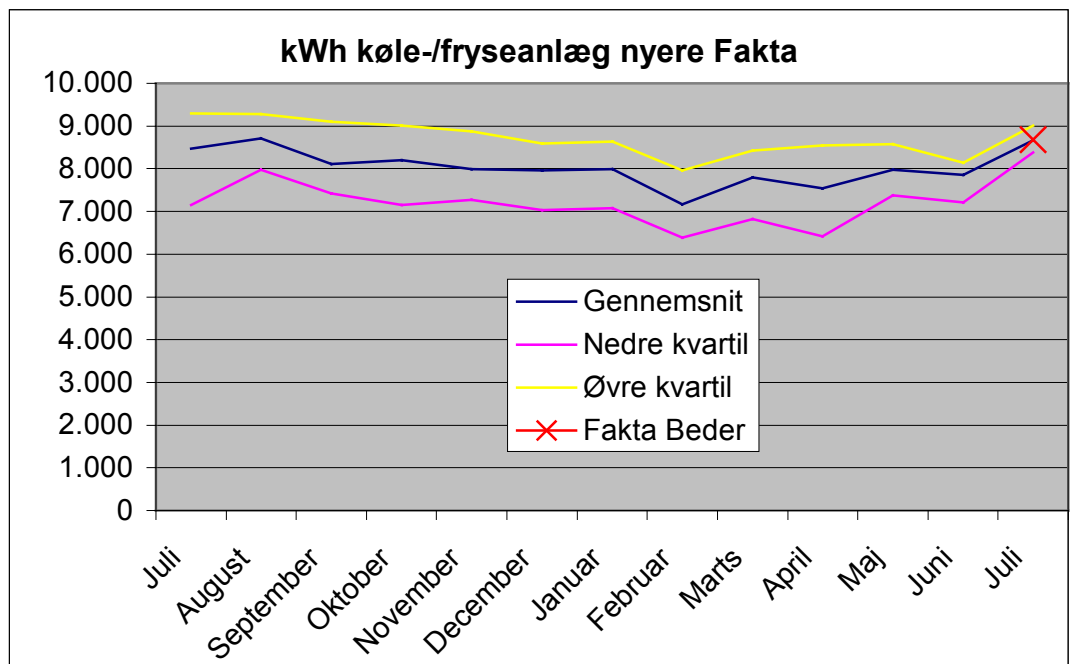
#### 4.2.4 Forbrug køle-/frys

Køle/fryseanlægget i Fakta Beders forbrug fordeler sig i juli, som følger:



#### 4.2.5 Sammenligning af målt og nøgletalsfordelt forbrug

Målt energiforbrug til køle/fryseanlæg i Fakta Beder sammenlignet med nøgletalsfordelt energiforbrug på referenceanlæg:



Fakta Beders køleanlæg ligger inden for normalgrænserne.

Der er ikke store variationer i energiforbruget mellem referencebutikkene i juli, faktisk varierer referencebutikkernes forbrug kun 3-4% i forhold til gennemsnittet. Køle-/fryseanlægget i Fakta Beders målte energiforbrug udgør 60,1% af det ækvivalerede totale forbrug.

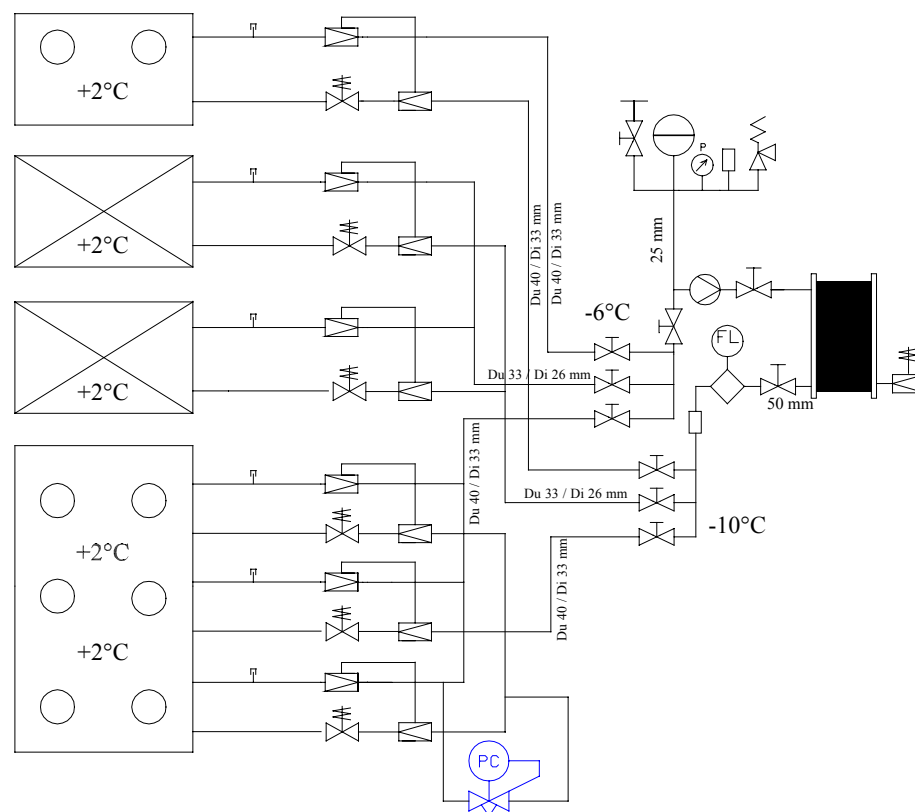
Fakta Beder understøtter dermed modellen for energifordeling i Fakta. Det forudsættes dog, at totalforbruget korrigeres for energiforbrug til ventilation.

Fakta Beder er en konsekvens af det nyeste koncept i Fakta-kæden., hvilket indebærer flere kvadratmeter, mere udendørslys, møblerne er tilpasset til lavere temperaturer med flere varmetråde for at undgå kondensdannelse etc. På trods af disse variationer understøttes modellen.

### 4.3 Optimeringmuligheder

Referenceanlæggene er alle med direkte ekspansion af R404A og Scroll kompressorer. Anlæggene er, som alle Fakta butikker, bestykket med Adap-Kool regulatorer.

Fakta Beder er som tidligere nævnt udstyret med en brinekreds som kuldebærer til kølemøbler og rum.



Figur 10: Principtegning af brinekreds

Kølefladerne bliver i juli 2001 styret med simpel on/off funktion. Differens-trykventilen (ventilen med "PC") er ikke monteret, og regulatorernes modulerende temperaturkontrol kan ikke benyttes. Modulerende temperaturkontrol er en special Danfoss termostatfunktion, hvor overfladetemperaturen på kølefladen holdes konstant med on/off-pulsering. Magnetventilfunktionen kan ikke benyttes uden by-pass styringen.

Denne utilstrækkelige styring af brinekredsen resulterer i for mange indkoblinger af kølekompresor 2. Grunden til disse hyppige indkoblinger skyldes, at både flow og temperatur ændrer sig med stor hastighed, og kompressorerne må så som følge af stor belastning på pladeveksler hurtigt få sugetrykket bragt ned på normalt niveau igen. Det kræver en hurtig ind- og udkobling af kompressor 2. Med by-passet udnytter vi buffereffekten i brinekredsen og sparer dermed mange indkoblinger og dermed energi.

(Optimal styring af brinekredse bliver undersøgt i (j. nr. 1253/00-0023) ”Energi-optimal styring og overvågning af køleanlæg”)

#### 4.4 Konklusion energi

Det er ikke overraskende, at energiforbruget er identisk med forbruget i traditionelle R404a-anlæg. Groft sagt har propan og CO<sub>2</sub> væsentlig bedre varmeovergangstal end R404a, men anlægskonstruktionen med kaskadeveksler og brinekreds giver et energitab således, at det ender op med, at der er balance.

Der er til stadighed mulighed for at forbedre propan/CO<sub>2</sub>-konstruktionen, dog er optimering af brinekredsen væsentlig for at opnå mere ensartet belastning på propankompressoren for derigennem at udnytte buffereffekten i brinen og dermed spare energi.

# 5 Projektøkonomi

Afsnittet er skrevet af Tom Gøtsch, Superkøl A/S

## 5.1 Opgørelse over projektøkonomi

Opgørelsen beror på time-/sagsregistreringer og er opgjort efter følgende metode:

<b>Kølemontage:</b>	<b>Anlæg</b>	<b>Møbler</b>	<b>Montage</b>	
			<b>Mat.</b>	<b>Timer</b>
Sagsomkostninger	X	X	X	X
Total kostpris	XX	XX	XX	XX

<b>El-montage:</b>	<b>Tavle Adap- Kool</b>	<b>El-Tavle</b>	<b>Installation</b>	
			Sagsomkostninger	X
Total kostpris	XX	XX	XX	XX

Af konkurrencemæssige årsager er alle tal omregnet forholdsmæssigt, idet opgørelsens endelige konklusion tager udgangspunkt i sammenligning med den faktiske grundkalkulation for et Fakta HFC-parallelanlæg.

### Opgørelse (index = anlægspris = 100):

<b>Kølemontage:</b>	<b>Anlæg</b>	<b>Møbler</b>	<b>Montage</b>		<b>Total</b>
			<b>Mat.</b>	<b>Timer</b>	
Total kost – køl	100	244	64	91	499
HFC-konceptanlæg incl. afgift	85	237	49	72	443
Merpris CO <sub>2</sub> /Propan	15	7	15	19	56
I %	18%	3%	31%	26%	13%

<b>El-montage:</b>	<b>Tavle Adap- Kool</b>	<b>El-Tavle</b>	<b>Installation</b>	<b>Total</b>
Total kost – el	32	56	52	140
HFC-konceptanlæg	30	23	38	91
Merpris CO <sub>2</sub> /Propan	2	33	14	49

Total projekt:	Dif.			
	CO <sub>2</sub> / Propan	Konven. HFC-anlæg	Total	I %
Køleanlæg	499	443	56	13%
El-anlæg	140	91	49	54%
Total	639	534	105	20%

### 5.1.1 Den samlede merpris er primært påvirket af 3 hovedområder

1. El-tavle
2. Montage – køleanlæg
3. Opbygning – køleanlæg

#### Ad. 1 – El-tavle

El-tavlen er specielt påvirket af:

- Frekvensomformer
- Specielt FI-relæ AC/DC
- Opbygning af sikringskreds
- 2 x kompressorstyring, betinget af frekvens- omformer
- Oliestyling m/PLC

Hvis opgaven simplificeres, og visse komponentvalg gøres anderledes, her tænkes specielt på AC/DC-relæ – 1 x kompressorstyring, og ændres oliestyingsopbygning, vurderes opgaven at kunne løses til index 40 mod index 56 i projektet.

#### Ad. 2 - Montage – køleanlæg

Kølemontagen er påvirket af manglende montageerfaring og et vist undervisningselement af de projektinvolverede montører. Det skønnes, at kølemontagen ved en vis erfaring kan ændres til index 75 mod index 91 i projektet.

#### Ad. 3 - Opbygning – køleanlæg

Øget anlægsopbygningserfaring og konkurrence på specielt vekslere og kompressorer skønnes at kunne reducere indekset til 90 mod index 100 i projektet.

Hvis man opgør Beder CO<sub>2</sub>/propanprojektet med regulering af ovenstående skøn, vil følgende beregning kunne foretages:

<b>Reguleret totalprojekt:</b>	<b>CO<sub>2</sub>/ Propan</b>	<b>Konven. Projekt</b>	<b>Dif.</b>	
			<b>Total</b>	<b>I %</b>
Køleanlæg	499	443		
÷ regulering	÷26	-		
	473	443	30	7%
El-anlæg	140	91		
÷ regulering	÷16	1		
	124	91	33	36%
<b>Total reguleret</b>	<b>597</b>	<b>534</b>	<b>63</b>	<b>12%</b>

## 5.2 Konklusion - økonomi

CO<sub>2</sub>/propananlægget og den valgte installation i Fakta Beder udgør en merpris total på mellem 12% og 20%, eller isoleret på anlægget og montage på mellem 27% og 18%.

Skal man på baggrund af Beder sige noget generelt om merprisen på CO<sub>2</sub>/propananlæg må følgende kunne udledes:

Anlæggets merpris vil falde i ikke ubetydelig grad, såfremt anlæggets samlede kW-behov stiger. Det skønnes, at anlægsprisens merpris på kølesiden vil blive neutral, såfremt kapacitetskravene stiger til det tredobbelte (ca. 60 kW køl og ca. 30 kW frost).

Dette vil medføre følgende konklusion: Total merpris for 3 x større anlæg end Beder vil ligge mellem 6% og 11%. I denne konklusion er bl.a. medtaget, at den alternative fyldningsmængde på HFC også stiger med 3 x, hvilket gør, at afgiftspåvirkningen slår væsentligt mere igennem i beregningen.

## 6 Resultat

Der er - for anden gang - designet, opbygget og indkørt et køleanlæg, hvis princip er anderledes og baseret på naturlige kølemidler i supermarkedssektoren. I modsætning til første butik er der anvendt komponenter, som er velkendte for den typiske køleinstallatør, og komponenterne har vist sin funktionsduelighed.

Gennem projektet er der demonstreret anvendelse af nye konstruktionsregler for kobberrørsinstallationer, anvendelse af slanger til indirekte køling, streng-reguleringsventiler på små brinekredse er overflødige, enkel installation af CO<sub>2</sub> til lavtemperatur (uden olieudskillere og sugegaskøler), overholdelse af EEx-installationer uden store omkostninger og fornuftig regulering af kaskadekøler.

Projektet viser, at anlægsprincippet er energineutralt i forhold til traditionelt optimerede R404A-anlæg. Køleanlæggets energiforbrug i Fakta Beder er målt direkte og sammenlignet med otte repræsentative butikkers forbrug. Anlægget har dermed reduceret det direkte ækvivalente CO<sub>2</sub>-bidrag med 357 tons ved at fjerne 90 kg R404A fra butikken.

Projektet viser, at der er mulighed for reduktion af energiforbruget ved at optimere på brinekredsen. Brinekredsen er reguleringsteknisk ikke optimal, hvilket ikke direkte har generet butikken, men har resulteret i for mange og hyppige kompressorindkoblinger. Det er derfor meget positivt, at anlægget er energineutralt på nuværende tidspunkt.

Projektet viser, at omkostningerne til komponenter og installation er ca. 20% over et traditionelt R404A anlæg, og at der er mulighed for reduktion af omkostningerne, samt at ved større anlæg vil afgiften på HFC "slå tydeligere igennem". Omkostningsstigningen vil derfor være minimal.

Køleanlægget har siden opstarten kørt uden fejl eller problemer. Anlægget har opfyldt de tilsigtede konditioner samt overholder -20°C i frostmøblerne og +2°C i kølemøblerne. Specielt under meget varme forhold har anlægget vist gode egenskaber.

Der er gennem denne rapport arbejdet og beskrevet meget omkring konstruktion af propananlægget. Dette skyldes primært, at Bekendtgørelse 743 ikke tidligere har været benyttet i forbindelse med kommerciel køling og der er derfor behov for bearbejdning, fortolkning og forståelse, som kan danne grundlag for fremtidig diskussion.

Opmærksomheden har ikke været rettet specielt mod CO<sub>2</sub>-anlægget. Dette synes en anelse uretfærdigt, da denne del fungerer rigtig godt. CO<sub>2</sub>-anlægget havde ingen problemer med temperaturen gennem sommeren på trods af, at den dimensionerende belastning er lig med den maksimale kapacitet på frostanlægget. Kompressoren har ikke kørt med maksimal kapacitet i længere tid, heller ikke under de meget varme dage i juli. Setpunktet er -32°C for sugetryk og frostrummet skal holde -25°C.



## Referenceliste

- /1/ Kulbrinter i mellemstore køleanlæg. Miljøstyrelsen
- /2/ Branche Energianalyse Supermarked 1994
- /3/ COWI rapport Fakta 2001

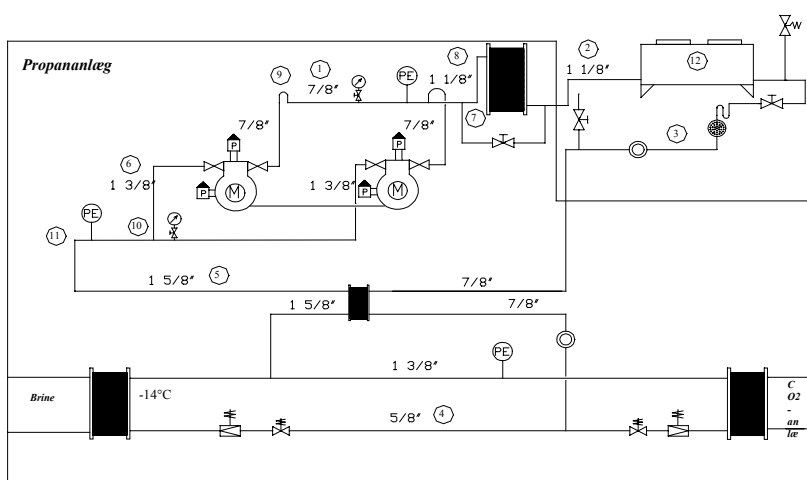
## Referencebutikkernes energiforbrug til køl/frost – juli 2000 til juli 2001

Butiksnummer	Navn	Søndag	meter	Juli 2000 kWh/køl- frys	August kWh/køl- frys	September kWh/køl- frys	Oktober kWh/køl- frys	Novembe r kWh/køl- frys	Decembe r kWh/køl- frys	Januar 2001 kWh/køl- frys	Februar kWh/køl- frys	Marts kWh/køl- frys	April kWh/køl- frys	Maj kWh/køl- frys	Juni kWh/køl- frys	Juli kWh/køl- frys
31	Hals	Ja	32	9882	9656	8672	8868	8460	8845	8918	8389	8970	8744	9214	9424	10303
158	Skibhusvej	Nej	36	6685	6918	6548	7009	6490	6891	6669	5906	6669	6386	6931	6652	7354
				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Kolding	Ja	39	8919	8937	8395	8754	8298	8529	8262	7480	8133	7881	8098	8169	8525
14	Grenå	Nej	33	7149	8305	7912	7995	7513	7685	7480	6668	7323	6907	7605	7563	8613
19	Farsø	Ja	32	9179	9121	8427	9005	8601	8587	8643	7968	8419	8303	8581	8140	8901
23	Børkop 10	Ja	32	9298	9286	9098	8985	8872	8448	8464	7581	7990	7939	8349	8042	9053
25	Hjallerup	Ja	32	7844	7977	7475	7581	7293	7529	7627	6637	7514	7350	7689	7985	8426
26	Struer	Ja	32	8888	9174	8358	8851	8396	8257	8612	7472	8368	8549	8691	8362	9013
69	Middelfart	Nej	38	8160	8443	7416	7152	7662	7030	7078	6393	6816	6410	7375	7212	8456
118	Viborg	Nej	37	8388	8388	7834	7281	7274	7659	7810	7142	7864	7035	7381	7382	8388
	SUM 8 butikker			67825	69630	64914	65604	63909	63724	63974	57342	62425	60373	63770	62855	69376
	Gennemsnit			8478	8704	8114	8200	7989	7965	7997	7168	7803	7547	7971	7857	8672
	Nedre kvartil			-15,7%	-8,4%	-8,6%	-12,8%	-8,9%	-11,7%	-11,5%	-10,8%	-12,7%	-15,1%	-7,5%	-8,2%	-3,3%
	Øvre kvartil			9,7%	6,7%	12,1%	9,8%	11,1%	7,8%	8,1%	11,2%	7,9%	13,3%	7,7%	3,6%	3,9%
	Nedre kvartil			7149	7977	7416	7152	7274	7030	7078	6393	6816	6410	7375	7212	8388
	Øvre kvartil			9298	9286	9098	9005	8872	8587	8643	7968	8419	8549	8581	8140	9013

# Vurdering af rørsystemet i Fakta Beder efter PED, AT Bekendtgørelse nr. 743/99 Artikel 3

(Kobberrør leveret af Tempcold)

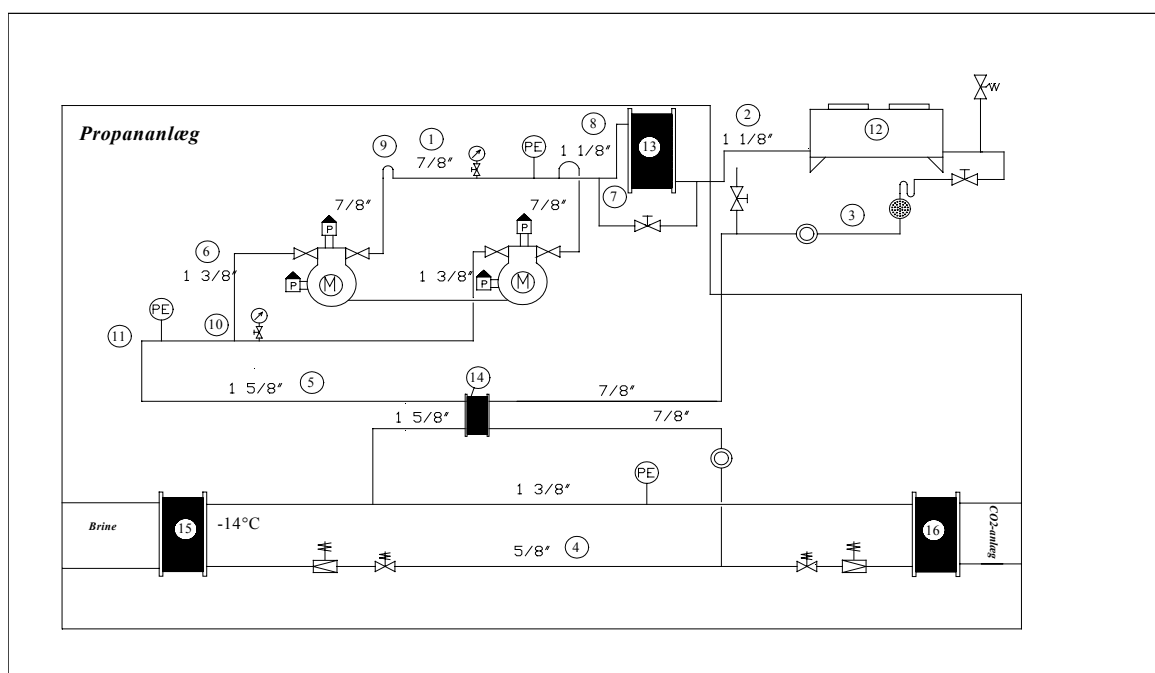
Driftsbetingelser efter EN 378-2:2000 kap. 5



Position	Benævnelse	Konstruktions-grundlag	Risikovurdering Driftsbetingelser efter EN378-2 kap. 5	Kobberrør 99,9% Cu 0,03%P. alloy C12200. Fremstillings norm: DIN 1754 Outukumpu	Max tilladeligt tryk PS	PSxV PSxDN	Sikkerheds- kategori for fluida i gruppe 1	materiale- certifikat
1	Trykrør	Beg. Nr 743 artikel 3	omgivelsestemp. < 32° Højtryk 55°C => 18 bar	7/8" DN22,3 (22,22 x 1,02)	18	403	Artikel 3, stk. 3	
2	Fælles trykrør	Beg. Nr 743 artikel 3	omgivelsestemp. < 32° Højtryk 55°C => 18 bar	1 1/8" DN 28,6 (28,58 x 1,02)	18	517	Sikkerheds-kategori 1	3.1B
3	Fælles væskerør	Beg. Nr 743 artikel 3	omgivelsestemp. < 32° Højtryk 55°C => 18 bar	7/8" DN22,3 (22,22 x 1,02)	18	403	Artikel 3, stk. 3	
4	Væskerør	Beg. Nr 743 artikel 3	omgivelsestemp. < 32° Højtryk 55°C => 18 bar	5/8" DN15,9 (15,88 x 0,9)	18	286,2	Artikel 3, stk. 3	
5	Fælles lavtryksrør	Beg. Nr 743 artikel 3	omgivelsestemp. < 32° Lavtryk 32°C => 10,3 bar	1 5/8" DN41,2 (41,28 x 1,22)	18	741,6	Sikkerheds-kategori 1	3.1B
6	Lavtryksrør	Beg. Nr 743 artikel 3	omgivelsestemp. < 32° Lavtryk 32°C => 10,3 bar	1 3/8" DN 34,9 (34,92 x 1,07)	18	628,2	Sikkerheds-kategori 1	3.1B
7	T-sammenføjning Højtryk	Beg. Nr 743 artikel 3	omgivelsestemp. < 32° Højtryk 55°C => 18 bar	1 1/8" DN 28,6 (28,58 x 1,16)	18	517	Sikkerheds-kategori 1	leverandørerk æring
8	90° vinkel højtryk	Beg. Nr 743 artikel 3	omgivelsestemp. < 32° Højtryk 55°C => 18 bar	1 1/8" DN 28,6 (28,58 x 1,16)	18	517	Sikkerheds-kategori 1	leverandørerk æring
9	90° vinkel højtryk	Beg. Nr 743 artikel 3	omgivelsestemp. < 32° Højtryk 55°C => 18 bar	7/8" DN22,3 (22,22 x 1,02)	18	403	Artikel 3, stk. 3	leverandørerk æring
10	T-sammenføjning lavtryk	Beg. Nr 743 artikel 3	omgivelsestemp. < 32° Lavtryk 32°C => 10,3 bar	1 5/8" DN41,2 (41,28 x 1,22)	18	743,04	Sikkerheds-kategori 1	leverandørerk æring
11	90° vinkel lavtryk	Beg. Nr 743 artikel 3	omgivelsestemp. < 32° Lavtryk 32°C => 10,3 bar	1 5/8" DN41,2 (41,28 x 1,22)	18	743,04	Sikkerheds-kategori 1	leverandørerk æring

Position	Benævnelse	Konstruktions-grundlag	Risikovurdering Driftsbetingelser efter EN378-2 kap. 5	Kobberrør	Max tilladeligt tryk PS	PSxV PSxDN	Sikkerheds- kategori	materiale- certifikat
12	Kondensator	Beg. Nr 743 artikel 1 stk 2.1.2	omgivelsestemp. < 32° Højtryk 55°C => 18 bar	35 kredse 3/8" ( 9,53 x 0,81 )	18	171,54	Artikel 3, stk. 3	
12	Kondensator tilgangs- stamme	Beg. Nr 743 artikel 1 stk 2.1.2	omgivelsestemp. < 32° Højtryk 55°C => 18 bar	35 x 1,5	18	630	Sikkerheds-kategori 1	3.1B
12	Kondensator afgang- stamme	Beg. Nr 743 artikel 1 stk 2.1.2	omgivelsestemp. < 32° Højtryk 55°C => 18 bar	28 x 1,5	18	504	Sikkerheds-kategori 1	3.1B

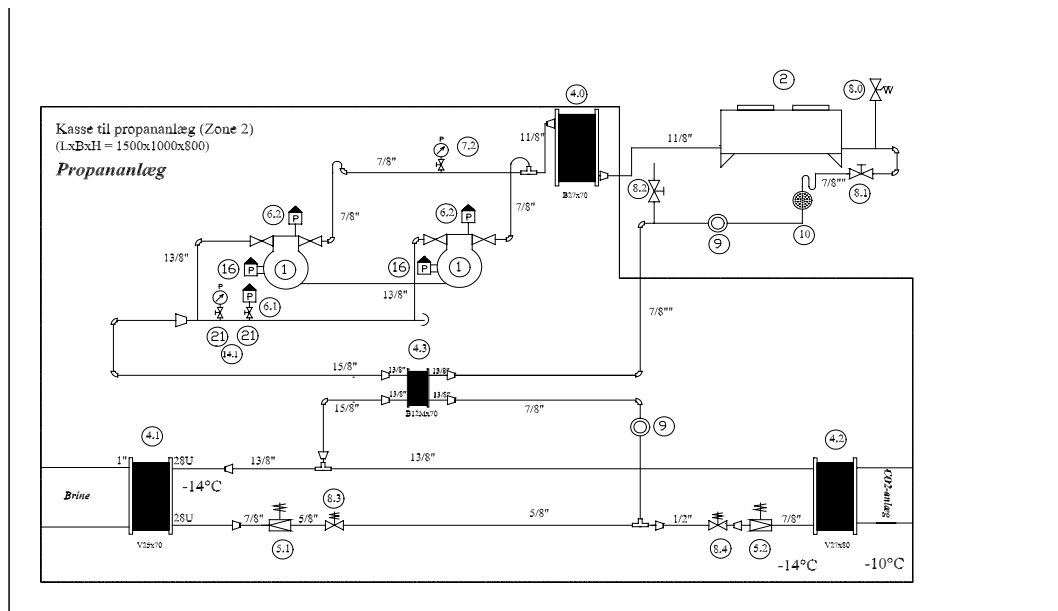
# Sikkerhedskategorisering af SWEP-pladevekslere



Sikkerhedsvurdering af pladevekslere i Fakta Beder:

Position	Funktion:	Type:	Volumen (liter):	Designtryk efter:	Sikkerhedskategori:	Gasgrupp	PS x V
15	Fordamper Brine/Propan	SWEP V25x70	3,8 liter propan	EN378-2-2000 kap. 5 omgivelsestemperatur <32°C, Lavtryksside. Dvs. 32°C/11,2 bar(abs)	I	1	3,8*11,2 = 42,5
14	Sugegaskøler	SWEP B12x70	1,9 liter væskeside propan	EN378-2-2000 kap. 5 omgivelsestemperatur <32°C, Højtryksside. Dvs. 43°C/14,6 bar(abs)	I	1	1,9*14,6= 27,7
14	Sugegaskøler	SWEP B12x70	2,4 liter gasside propan	EN378-2-2000 kap. 5 omgivelsestemperatur <32°C, Lavtryksside. Dvs. 32°C/11,2 bar(abs)	I	1	2,4*11,2 =26,9
16	Kaskade Propan/CO2	SWEP V27x80	4,3 liter propan	EN378-2-2000 kap. 5 omgivelsestemperatur <32°C, Lavtryksside. Dvs. 32°C/11,2 bar(abs)	I	1	11,2*4,3 = 48,1
16	Kaskade Propan/CO2	SWEP V27x80	4,4 liter CO2	Sikkerhedsventil SFV 15 30 bar	I	2	4,4*30 = 132
13	Overhedningsfjerner	SWEP B27x50	2,8 liter propan	EN378-2-2000 kap. 5 omgivelsestemperatur <32°C, Højtryksside. Dvs. 43°C/14,6 bar(abs)	I	1	2,8*14,6= 40,9

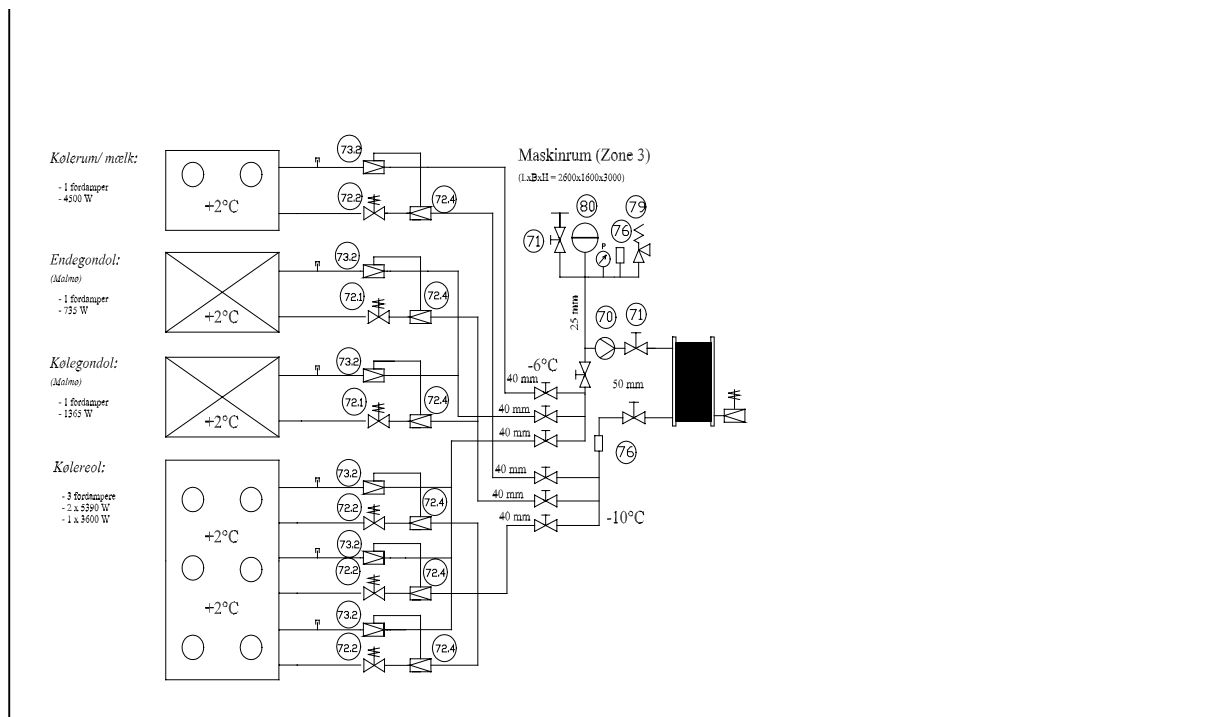
# Komponenter til propananlæg



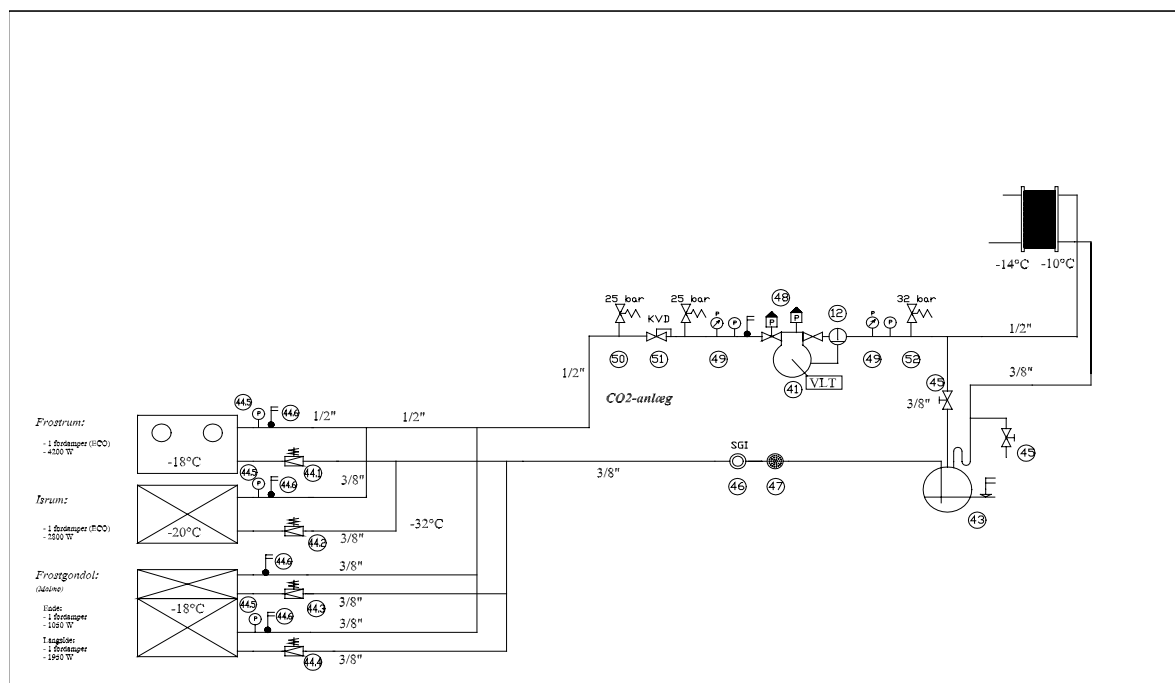
Danfoss-komponenter til Propan-anlæg - Fakta Beder. Special aftale med Danfoss

Propan-anlæg				
Pos. nr.	Antal	Beskrivelse	Best. Nr.	Godkendt
8	1	SFV 15 T 318 sikkerhedsventil 1/2" svejse m/nitril	2416+15800	ok
8.1	1	GBCs -afspærringsventil 7/8"	009G502500	ok
10	2	DCR 0487 Filterhus 3/4" svejse 1,2 liter	023U105100	ok
10	2	DN kompaktindsats	023U408000	ok
9	2	SGN-skueglas lodde 22S u/u	014-018600	ok
8.2	1	GBCs -afspærringsventil påfyldning	009G502000	ok
8.3	1	EVR 10 magnetventil 5/8"	032F121400	ok
8.4	1	EVR 6 magnetventil 1/2"	032F120900	ok
8.3	1	Spole IP67 24 V	018Z670700	ok
8.4	1	Spole IP67 24 V	018Z670700	ok
6.1.6.2	2	Pressostat KP17B dobb.bælg 6mm lodde m/guldkont.	Som 060-127400	ok
6.1.6.2	2	IP 55 kapsling for KP-dobbelt	060-035000	ok
		Loddenippel 1/4"flare til 1/4"lodde	023U800200	ok
16	2	MP 55 Oliediff. pressostat u. tidsrelæ	060B029900	ok
8.2	3	Afspærringsventil GBC 6s manometer	009G502000	ok
Styring til propananlæg				
	1	AKC 25H1 kompressorstyring	084B201800	
	1	AKS 32 tryktransmitter -1til12 bar G 3/8" A	060G200500	
	1	AKS 32 tryktransmitter -1til 34 bar G 3/8" A	060G200700	
	2	Loddenippel G 3/8" til lodde	017- 436800	
	2	AKS 21 Pt 1000 temp.føler	084N200700	
	2	AKS 32 tryktransmitter -1til12 bar G 3/8" A	060G200500	
	1	Speciel AKC24W-regulator		
	2	AKS 11 Pt 1000 temp.føler	084N000500	
	2	Loddenippel G 3/8" til lodde	017- 436800	
	2	AKS25W4 Dykrørsføler 1/2"	084N206000	
	1	ESMT Udetemperaturføler	087B116400	

## Komponenter til brineanlæg

Komponenter til Brinekredsen på Propan CO<sub>2</sub>-anlæg i Fakta Beder

Pos. nr.	Antal	Beskrivelse	Best. Nr.
	4	AKC 121 B fordampersstyring	084B290400
	6	AKS 11 temperaturfølere	084N000800
	6	AKS 21 temperaturfølere	084N200300
72.1	2	EVSR 14 Magnetventil 1/2"	068F405300
72.2	4	EVSR 18 Magnetventil 3/4"	068F405400
72	6	230 volt 50 Hz spoler 12W	018Z680100
72.4	6	Strengregulering ASV-I 3/4"	003L805200
73.2	6	Strengregulering ASV-PV 0,5 bar differens 3/4"	003L801200
73.2	6	Speciel fjeder til ASV-PV	

Komponenter til CO<sub>2</sub>-anlægDanfoss-komponenter til CO<sub>2</sub>-anlæg hos Fakta Beder

Pos. nr.	Antal	Beskrivelse	Best. Nr.
50	2	SFV 15 sikkerhedsventil 1/2" svejse SFV 15 DIN 325	2416+18500
51	1	KVD trykregulator 1/2" lodde	034L017300
48	2	KP 5 pressostat	060-117300
52	1	Henry 32bar	
45	3	GBCs -afspærringsventil 3/8"	009G502100
47	1	Tørrefilter DU 303 3/8" lodde	023U353300
46	1	SGI 10 3/8" lodde	014-003500
<b>ADAP-KOOL komponenter</b>			
44.1	1	AKV 10-4	068F117000
44.2	1	AKV 10-3	068F116700
44.3	1	AKV 10-2	068F116400
44.4	1	AKV 10-2	068F116400
44	4	Spole for AKV 10	018Z678100
44.5	3	AKS 32R tryktransmitter -1 til 34 bar 1/4" flare	060G009000
44.5	3	AKS 32R ledning	060G103400
44.6	16	AKS 11 pt 1000 temperaturfølere	084N0008000
49.1	1	AKS 32 tryktransmitter HP på CO <sub>2</sub> -1 til 34bar 1/4" flare	060G207100
	1	AKS 32 tryktransmitter LP på CO <sub>2</sub> -1 til 20bar 1/4" flare	060G207000
	5	Loddenippel 1/4"flare til 1/4"lodde	023U800200
	2	AKS 21 temp.føler	084N200700
<b>Regulatorer</b>			
	1	AKC 115A møbelstyring for 2 ford.	084B617400
	2	AKC 114A møbelstyring for 1 ford.	084B617200
	1	Kompressorstyring AKC 25H5 speciel 084x219200	084B202100
	1	VLT frekvensomformer 2840 400 volt 9.1A	195N107500

# Kopi af udvalgte sider fra intern Fakta- rapport - udfærdiget af COWI

Nøgletal

Butik nr.	' Adresse	El-køl MWh/år	El-lys MWh/år	El-div MWh/år	El-total MWh/år
201	Ejbovej 35 Bjæverskov	107(63%)	55(32%)	8(5%)	170(100%)
203	Vallekildevej 27 Hørve	121(64%)	62(33%)	5(3%)	189(100%)
204	Sct. Jørgensgade37 Kalundborg	117(67%)	51(30%)	5(3%)	192(100%)
209	Arn. Nielsens Boul. Hvidovre	102(67%)	46(30%)	5(3%)	153(100%)
217	Frederikshorgvej 18 Helsingør	87(57%)	61(40%)	5(3%)	153(100%)
223S	Amagerbrogade 29 Kbh. S	200(62%)	112(35%)	10(3%)	322(100%)
226S	Hurnlebækcenteret Humblebæk	132(70%)	51(27%)	6(3%)	187(100%)
328	Njalsgade, 13 Kbh. S	141(71%)	54(27%)	6(3%)	201(100%)
340	Hamletsgade 8 Kbh. N	111(63%)	61(35%)	5(3%)	177(100%)
377S	Banevej 1 Karise	118(57%)	84(40%)	5(3%)	207(100%)
	<b>Gennemsnit</b>	<b>123(64%)</b>	<b>64(33%)</b>	<b>6(3%)</b>	<b>193(100%)</b>

Sammenholdes tallene med brancheenergianalysen for supermarkeder i 1994, var fordelingen følgende for butikker under 1200 m<sup>2</sup> salgsareal:

	Brancheenergianalyse (18 butikker)	FAKTA 2001 (10 butikker)
<b>Køl og frost</b>	64%	64%
<i>Lys</i>	30%	33%
<b>Div.</b>	6%	3%

Som det fremgår, er der ikke sket de store procentvise ændringer i forhold til brancheenergianalysen. Disse tal kan anvendes til hurtige kalkulationer. Butikkernes energiforbrug afviger med +/- 7%.

Kølenøgletal



På baggrund af brancheenergiansalysen for supermarkeder (1994) m.v. udarbejdede Superkøl og COWI enheden ækvivalent kølemeter.

### 1 ækvivalent kølemeter udgør 3.000 kWh/år

De anførte nøgletal er fastsat på baggrund af tidligere faktiske målinger, men er på ingen måde "videnskabelige", og derfor skal der påregnes en vis usikkerhed.

Teoretisk kan det forventede kølebehov nu beregnes, idet der er anvendt følgende ækvivalentsatser:

Kølemøbel/rum	dør/kWh/år eller kWh/år/meter	Ækvivalent sats/m
Kølereol	3000:3000	1
Mælkerum (pr. dør)	2450:3000	0,8
Frostrum (pr. dør)	5100:3000	1,7
Frostrum is (pr. dør)	6000:3000	2,0
Frostgondol egen komp.	3500:3000	1,2
Frostgondol parallelan.	2400:3000	0,8
Kølegondol egen komp.	1500:3000	0,5
Kølegondol parallelan.	900:3000	0,3
Isgondol	3000:3000	1,0
Coca-Cola	1500:3000	0,5

Eksempel:

Årligt teoretisk energiforbrug for et mælkerum.

$0,8 \text{ ækv. meter} * 6 \text{ døre} * 3000 \text{ kWh/år} = 14.400 \text{ kWh pr. år}$