

## Bilaga 2

# Den energieffektiva butiken i teori och praktik (1998)

Jaime Arias  
Per Lundqvist  
KTH, Inst. För Energiteknik  
Avd Tillämpad termodynamik och kylteknik  
100 44 Stockholm

## Sammanfattning

Institutionen bedriver sedan januari 1998 ett forskningsprojekt tillsammans med ICA, KF och AKA Kyla där systemlösningar för morgondagens livsmedelsbutiker skall studeras. I detta arbete skall ett modellverktyg för datorsimulering av kyl och fryssystem för olika butiker tas fram. Detta arbete har inletts med fallstudier och grundläggande modellbygge. Arbete med datormodellen är relativt långsiktigt varför valet av slutgiltig simuleringsmiljö hålls öppet. Projektets första fas består i att kartlägga nuläget samt identifiera de viktigaste faktorerna för butikernas energianvändning. Parallellt med detta sker en utvärdering av några nya butikskoncept.

## Introduktion

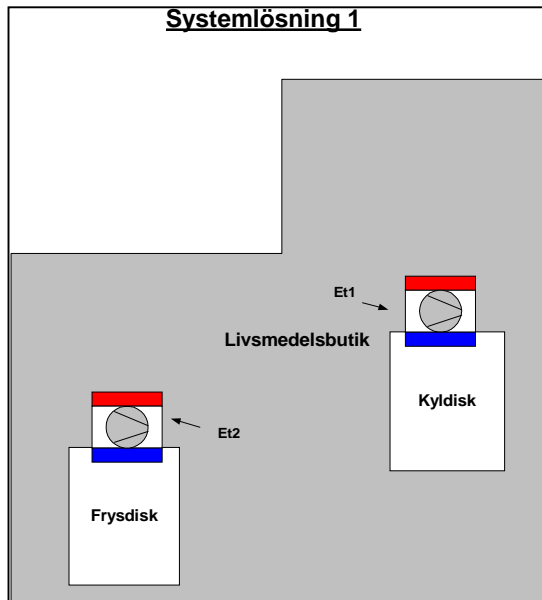
Energieffektivisering och ersättning av CFC och HCFC köldmedier har blivit två stora frågor i livsmedelsbranchen de sista åren. Den totala användning av el i svenska livsmedelsbutiker är ca 1,8 TWh/år. Mellan 35-40 % av elen används för kyl- och frysändamål. Det finns idag ca 95000 löpmeter kylmöbler och ungefär 40000 löpmeter frysmöbler i Sverige. Många företag som tillverkar kyl- och frysdiskar har börjat utvecklat nya modeller som är energieffektiva. NUTEK anordnade en tekniktävling för energieffektiva kyldiskar som Electrolux vann med en ny konstruktion som drar 1745 kWh per meter kyldisk och år. Detta är mindre än hälften av motsvarande äldre konstruktioner.

Avveckling av CFC och HCFC köldmedier har också påverkat kylanläggningar i livsmedelsbutiker. Nya lösningar med indirekt system har tagits fram för att minimera köldmediemängden i kylsystemet. Ett exempel på det finns på ICA Fokus i Lund där 36 kg ammoniak ersatt sammanlagt 500 kg köldmediet CFC. Flera butiker har börjat använda koldioxid som köldbärare för frys. Koldioxid har bra egenskaper som köldbärare som till exempel goda värmeöverföringsegenskaper på grund av fasomvandling, låg viskositet, rent och ofarligt för varor och miljö. Nackdelen med CO<sub>2</sub> är att den måste trycksättas för att vara i vätskefas (19.7 bar vid -20°C). Konvertering till indirekt livsmedelskyla leder till högre energiförbrukning.

För butiksägare är kylsystemet en del av hela butiken. Det viktigaste kriteriet för en handlare är exponering och försäljning. Huvudmålet med diskarna är att exponera matvaror, att göra det lätt för kunder att komma till varor och flexibilitet.

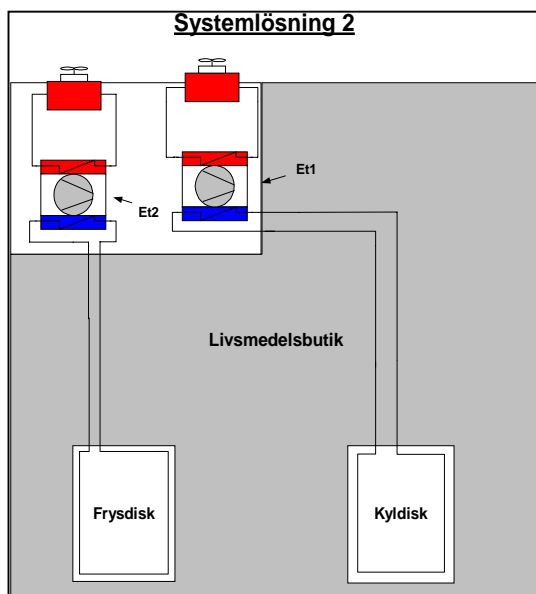
## Resultat

De olika systemlösningarna som ska presenteras, representerar de flesta kylsystemen i de butiker som finns idag i Sverige. I Figur 1 visas en lösning där frysdiskar och kyldiskar är av "plug-in" typ det vill säga kylanläggningen är integrerad i disken. Fördelar med det här system är flexibilitet, direkt värmeåtervinning till butiken på vintern och enkel installation. Nackdelar är kondensorvärme till butiken på sommar och dyrare underhåll.



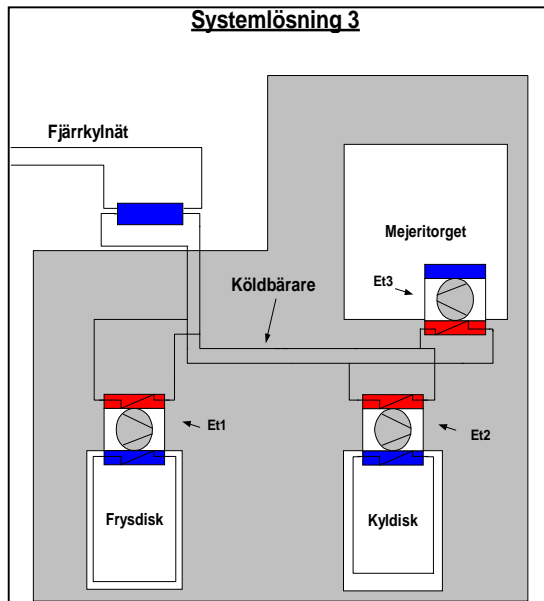
Figur 1: Frysdiskar och kyldiskar har hela kylanläggning integrerad i disken.

I figur 2 presenteras en lösning med ett centraliserat system. I systemet finns två kylanläggningar, en för alla frysdiskar och frysrum och den andra till alla kyldiskar och kylrum. Kylanläggningarna finns i ett maskinrum och diskarna har förångare, termostat och utrustning för avfrostning. Systemet kan vara direkt eller indirekt. Fördelar med den här lösning är bättre inomhusklimat, möjlighet till värmeåtervinning och billigare underhåll. Nackdelar är de stora mängder köldmedium eller köldbärare som finns i systemet, stor tryckförhållande på fryssida och långa rör från kylrummet till diskarna.



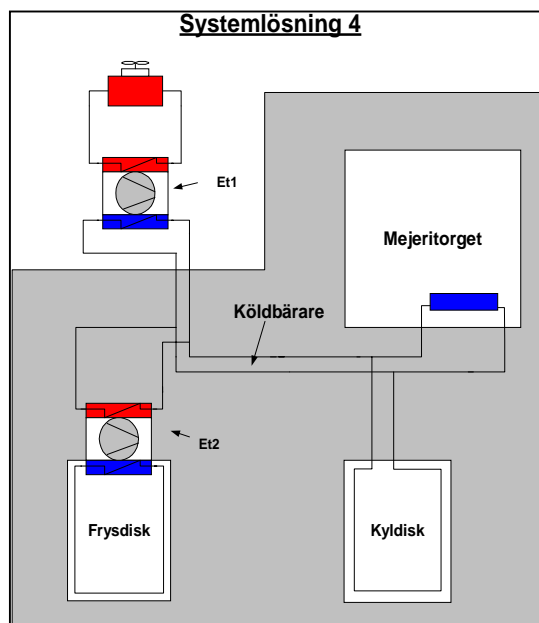
Figur 2: Centraliserat system.

I figur 3 visas en annan systemlösning där fjärrkyla (fram- eller returledning) används för att kyla kondensorer som finns i kyldiskar, frysdiskar, kylrum och frysrum. Temperaturen på köldbärare ligger några grader högre än fjärrkyl nätet. Fördelar med systemet är flexibilitet och låg mängd av köldmedium. Nackdelar är behov av kylanläggningar för kyldiskar och kylrum och instabilitet.



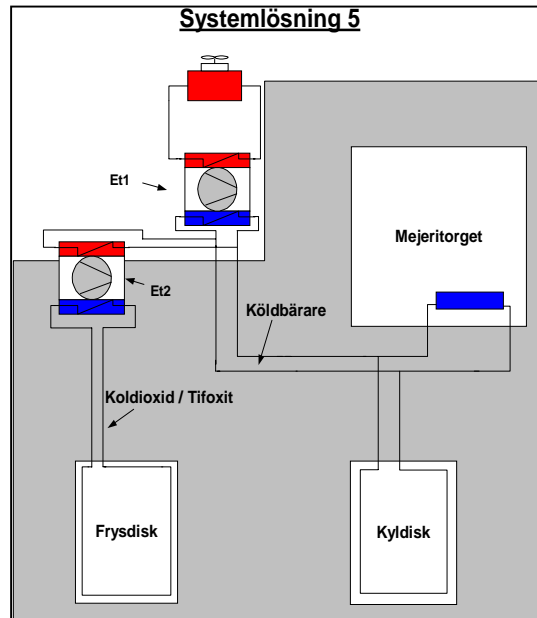
Figur 3: I den här lösning används fjärrkyla för att kyla kondensorer från diskarna.

I figur 4 presenteras systemlösning 4 där en köldbärare överför kyleffekten från förångare i maskinrummet till kyldiskar och kylrum. Köldbärare här en framledningstemperatur på  $-8^{\circ}\text{C}$  och en returledningstemperatur på  $-4^{\circ}\text{C}$ . Varje frysdisk och frysrum har sitt kylsystem vars kondensator kyla med köldbärare. Fördelarna med lösningen är möjlighet till värmeåtervinning och billigare underhåll. Nackdelar är de stora mängder av köldbärare som finns i systemet och de långa rör från kylrummet till diskarna.



Figur 4: Systemlösning 4 med en kylanläggning för alla kyldiskar och en kylanläggning för varje frysdisk.

I figur 5 visas en lösning där finns en kylanläggning för kyldiskar och kylrum samt ett annat kylsystem, vars kondensor kyls med köldbärare, för frysrum och frysdiskar. Kyleffekten från frysdiskar och frysrum transporteras till kylanläggningen med hjälp av en annan köldbärare som kan vara koldioxid eller tifoxt. Fördelar med systemet är låg mängd av köldmedium, låg viskositet, rent och ofarligt för varor och miljö med koldioxid. Nackdelar är de långa rör från kylrummet till diskarna och högtryck med koldioxid.



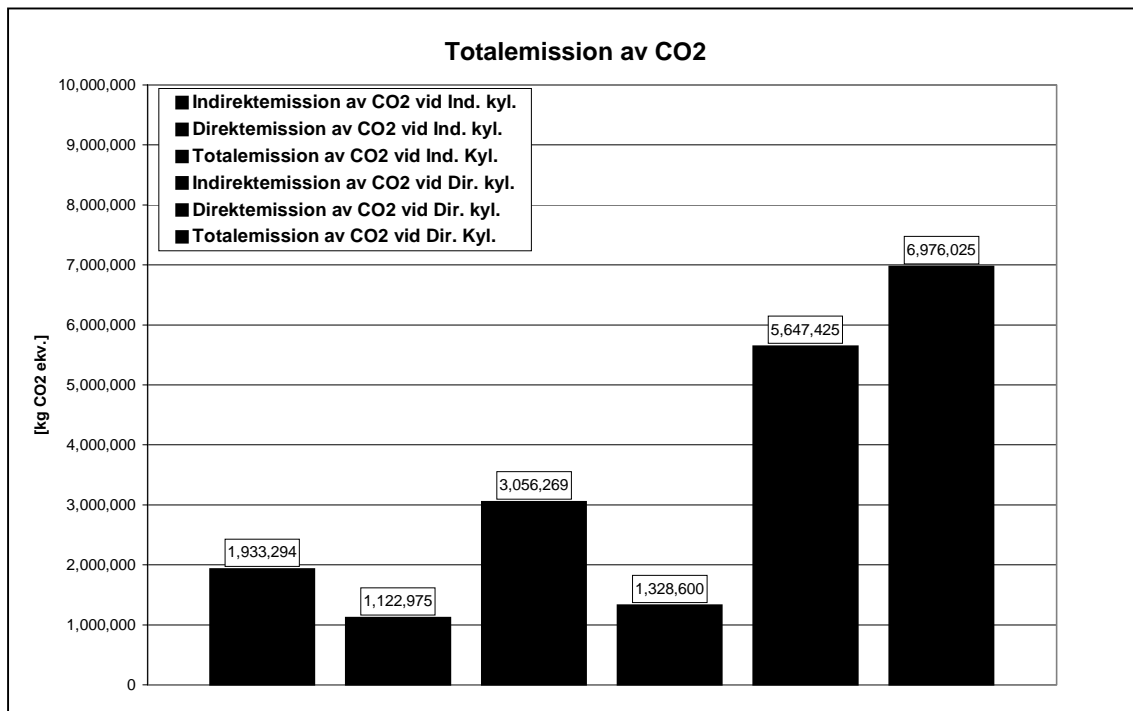
Figur 5: Systemlösning 5 med två olika kylanläggningar för kyldiskar och frysdiskar.

### TEWI

Ett bra mått för ett kylsystems miljö och energieffektivitet är dess totala ekvivalenta uppvärmningseffekt (TEWI). Detta varierar med köldmedium och form av energiproduktion. Ett exempel på totalemission av CO<sub>2</sub> med direkt och indirekt system visas i figur 6 och figur 7.

TOTAL ENVIRONMENTAL IMPACT - TEWI				
Indirekt kylsystem			Direkt Kylsystem	
Anläggningens livslängd:	15	[År]	15	[År]
Fyllnadsmängd:	345	[kg]	1735	[kg]
Köldmedium:	R404a	[ASHRAE N°]	R404a	[ASHRAE N°]
G W P:	4,340.0	[CO <sub>2</sub> = 1]	4,340.0	[CO <sub>2</sub> = 1]
Årligt läckage:	5	[%]	5	[%]
Direktemission CO <sub>2</sub> ekv.:	1122975	[kg CO <sub>2</sub> ]	5647425	[kg CO <sub>2</sub> ]
Nominell kapacitet:	1128	[kW]	910	[kW]
Nominellt COP	2.3	[kW/kW]	2.7	[kW/kW]
Årlig gångtid:	75	[%]	75	[%]
Anl. elkonsumtion livstid:	48,332,348	[kWh]	33,215,000	[kWh]
Land:	Sweden		Sweden	
Lokal CO <sub>2</sub> konv.faktor:	0.04000	[kg CO <sub>2</sub> /kWh]	0.04000	[kg CO <sub>2</sub> /kWh]
Indirektemission CO <sub>2</sub> ekv.:	1,933,294	[kg CO <sub>2</sub> ekv.]	1,328,600	[kg CO <sub>2</sub> ekv.]
Direktemission:	1,122,975	[kg CO]	5,647,425	[kg CO <sub>2</sub> ekv.]
<b>Totalemission CO<sub>2</sub> ekv.:</b>	<b>3,056,269</b>	<b>[kg CO<sub>2</sub> ekv.]</b>	<b>6,976,025</b>	<b>[kg CO<sub>2</sub> ekv.]</b>
Andel Direkt/Total:	36.74	[%]	80.95	[%]

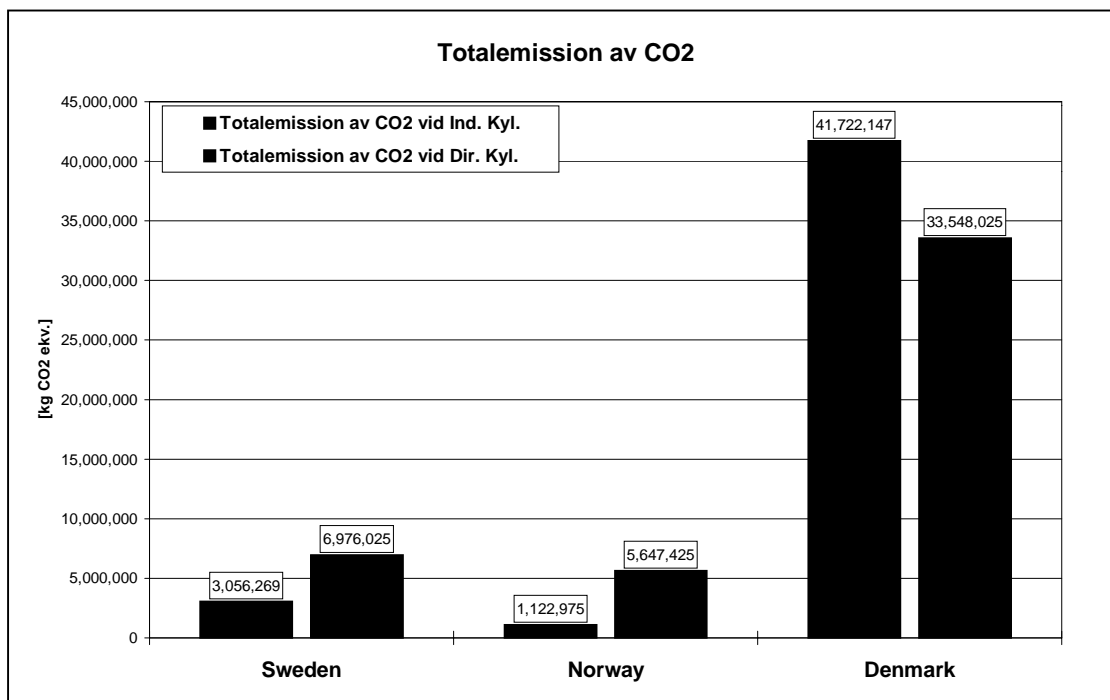
Figur 6: Totalemission av CO<sub>2</sub>, jämförelse mellan indirekt och direkt system.



Figur 7: Totalemission av CO<sub>2</sub>, jämförelse mellan indirekt och direkt kylsystem

I exemplet används elproduktionsmixen från Sverige där den lokala CO<sub>2</sub> konversionsfaktorn är 0.04 [kg CO<sub>2</sub>/ kWh]. Totalemissionen av CO<sub>2</sub> för ett indirekt kylsystem blir mindre än för ett direkt system.

Om vi stället utför samma beräkning med elproduktionsmixen från Norge och Danmark avviker den totalemissionen av CO<sub>2</sub> avsevärt. Detta visas i figur 8 där elproduktionsmixen från Norge skulle ge en mindre totalemission av CO<sub>2</sub> vid indirekt kylsystem än direkt. Medan den totalemissionen av CO<sub>2</sub> med elproduktionsmixen från Danmark skulle bli större vid indirekt kylsystem än direkt.



Figur 8: Totalemission av CO<sub>2</sub> med elproduktionsmixen från Sverige, Norge och Danmark. Jämförelse mellan direkt och indirekt system.

## Slutsatser

Studien har hittills visat på att flera intressanta systemlösningar är på väg ut på marknaden. Tillsammans med uppdragsgivarna har ett antal butiker identifierats för vidare studier. Syftet med projektet är tvåfaldigt: Dels skall de nya butikskoncept som idag tilldrar sig branschens intresse att utvärderas och jämföras med "gårdagens" praxis, dels skall ett modellverktyg tas fram som tillåter oss att dimensionera och prova nya idéer på ett effektivt sätt.

En viktig slutsats är att det utvärderade systemet måste identifieras och avgränsas på ett tydligt sätt. Många s.k. systemstudier missar denna grundläggande del. Om verkningsgrader (eller nyckeltal) för systemets funktion skall tas fram och användas är det viktigt att de också sammanfaller med den syn systemets aktörer har (t.ex. butikägaren). En livsmedelsbutik kan betraktas på olika hierarkiska nivåer där kyl och frys kan betraktas som delsystem. Vi får inte glömma att det viktigaste för en livsmedelshandlare är exponering och försäljning. Huvudmålet med kyl och frysdiskar är att exponera matvaror, att göra det lätt för kunder att komma till varorna. Flexibilitet och möjlighet till förändring av butiken är viktigt.

## Referenser

/1/ Arias, J., 1998, "Systemlösningar för butikskyla. Energikonsekvenser", Seminarium om värmepumpsteknik och kylteknik, KTH, Inst. för Energiteknik

/2/ Bergman, M. & Wikman, I., "Kyla i livsmedelsbutiker", rapport, Teknik-Ekonomi-Ledarskåp. KTH, Inst. för Industriell Ekonomi och Organisation.

/3/ Oak Ridge National Laboratory, 1997, "Energy and Global Warming Impacts of HFC Refrigerants and Emerging Technologies", AFEAS, U.S. Department of Energy.

/4/ Sjöberg, A., 1997, "Täckning av frysdisk i Livsmedelshandel", rapport, Ramprogram Värmepumpar och Kylmaskiner, Vattenfall.