

Butikskyla

Monica Axell





EFFEKTIV är ett samarbetsprojekt mellan näringslivet och staten med ELFORSK som koordinator. EFFEKTIV finansieras av följande parter:

- ELFORSK
- Borlänge Energi AB
- Borås Energi AB
- Elbolaget i Norden AB
- Falu Energi AB
- FORMAS
- Gräninge Kalmar Energi AB
- Göteborg Energi AB
- Jämtkraft AB
- Karlstads Energi AB
- Mälar Energi AB
- Skellefteå Kraft AB
- SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut
- Statens Energimyndighet
- Svenska Fjärrvärmeföreningen
- Sydkraft AB
- TA Hydronics AB
- Umeå Energi AB
- Uppsala Energi AB
- Vattenfall AB
- Öresundskraft AB

Förord:

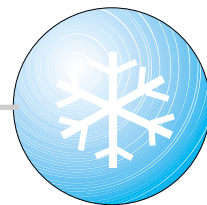
Butikskyla innefattar de kylsystem som används för att förvara kylda och frysta livsmedel i en butik. Dagens livsstil med ett högt tempo avspeglar sig även på vår konsumtion av kylda och frysta varor. Vi väljer frysta halvfabrikat och färdiglagad kyld mat i allt större utsträckning samtidigt som utbudet inom mejeriavdelningen har expanderat kraftigt den senaste tioårsperioden. Allt detta tyder på att försäljningen av kylda och frysta livsmedel kommer att fortsätta att öka och därmed även behovet av butikskyla.

I denna skrift görs en översiktlig genomgång av de system som används för att förvara kylda och frysta livsmedel ute i butiken. Men också av hur systemets utformning, temperaturkraven i matvarorna och omgivningsklimatet kan påverka kylbehovet.

Monica Axell

Kylkrav på butiken		4
Butikskyla		6
Butikens kylsystem		10
Förbättringspotential		14
Mer att läsa		18
Referenser		19

Kylkrav på butiken



Det är viktigt att poängtera att butikens verksamhetsmål är att sälja varor. För försäljningen är följande faktorer viktiga:

Exponeringen av varorna

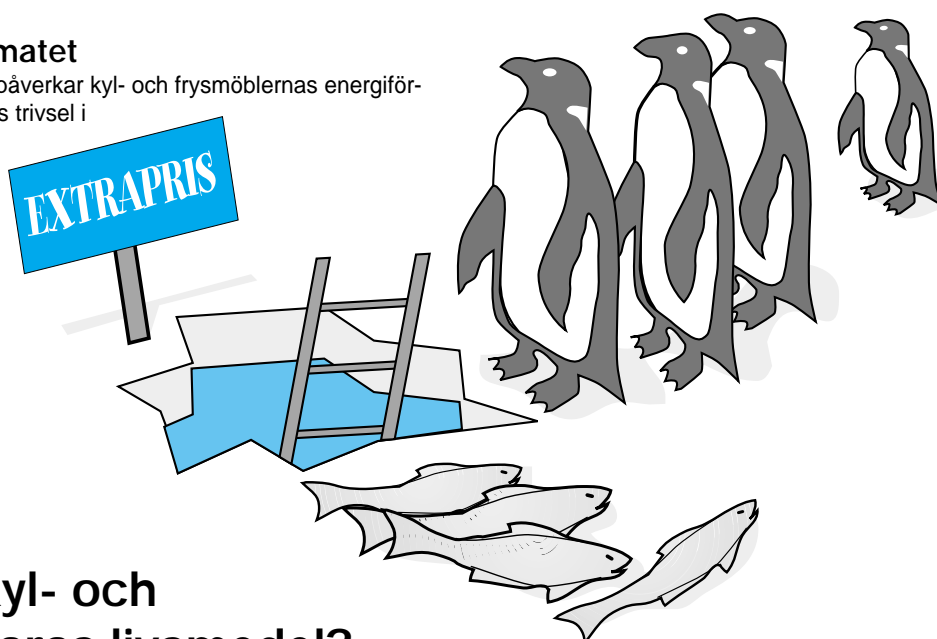
Butiksägaren strävar efter att exponera mycket varor på en liten butiksyta. Andra faktorer som är viktiga för exponeringen är ljussättningen av varorna och varornas placering i butiken.

Kvalitén för kylda och frysta varor

I första hand handlar det om att varorna skall lagras inom rätt temperaturintervall. För höga temperaturer kan påverka kvalitet, hållbarhetstid och kan i sämsta fall medföra att maten blir hälsovadlig att äta.

Inomhusklimatet

Inomhusklimatet påverkar kyl- och frysmöblernas energiförbrukning, kundens trivsel i butiken och de anställdas arbetsmiljö.



Varför kyl- och frysförvaras livsmedel?

En sänkt varutemperatur skall förhindra eller bromsa nedbrytningen av maten pga kemiska, mikrobiella och fysiologiska förändringar i matvaran. Kylning av livsmedel har två huvudsyften:

- Minska sjukdomsspridning via maten
- Bromsa försämringen av matvarornas kvalitet

För höga varutemperaturer är den största orsaken till sjukdomsspridning via maten. Matvarorna försämras genom tillväxt av mikroorganismer, påverkan av enzymer eller genom kemiska reaktioner.

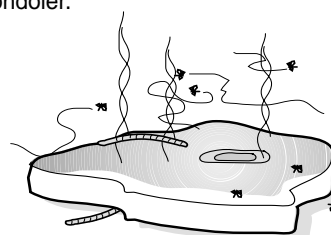
En låg varutemperatur innebär vanligtvis inte att dessa processer stoppas men att tillväxthastigheten bromsas radikalt. Det är viktigt att poängtera att nedkylning och frysning inte är en säker metod för att döda mikroorganismer. Tillväxten av mikroorganismer startar vanligtvis först på livsmedlets yta. Generellt gynnas tillväxten av mikroorganismer av följande faktorer:

- Höga temperaturer
- Höga fukthalter
- Tillgång på syre

Temperaturkvalitén i matvarorna varierar

Undersökningar visar att det finns problem med att klara temperaturkraven i kylda och frysta matvaror. Flera undersökningar visar att kyldiskarna är en svag länk i kylkedjan (1), (3). En norsk fältstudie (21) visar att problemet med övertemperaturer har ökat.

I en undersökning från Kanada (7) visade resultaten att endast 3 % av de djupfrysta varorna klarade kravet -18°C sommartid och 11 % vintertid. Sommartid var 53 % av varorna över -12°C . De varmaste varorna finns i regel längst fram i vertikala diskar och högst upp i horisontella kyl eller frysgondoler.



Krav och riktlinjer på butiken för förvaring av kylda och frysta livsmedel

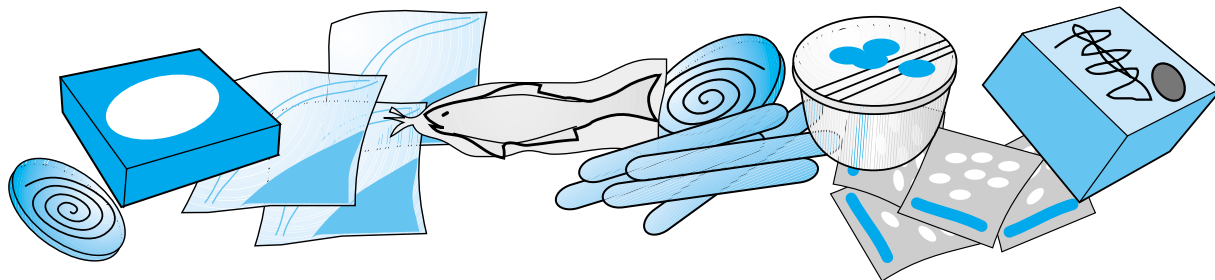
Regler för förvaring av kylda och frysta livsmedel regleras av Livsmedelsverket, (11), (12). Hela färska frukter och grönsaker innefattas inte av dessa regler men kyls vanligtvis ändå för att upprätthålla kvalitén på varorna och förlänga hållbarheten.

Följande regler gäller för kylda och frysta livsmedel i butik:

Kategori	Temperaturkrav
Fryst livsmedel	< -18 °C upp till <-10°C
Djupfryst livsmedel	<-18°C
Kylda livsmedel	<+ 8°C

En kylvara är ett livsmedel som är kylt men inte fryst och för dessa varor gäller generellt att varorna skall förvaras i en temperatur som inte överstiger + 8 °C. Exempel på kylvaror är mjölk, ost, ägg, kött och skurna grönsaker. Köttfärs får dock inte förvaras i en temperatur över +4°C och för färsk fisk som inte är övertäckt med is gäller en översta temperatur på +2 °C. Utöver detta finns det rekommendationer t.ex. rekommenderas en högsta förvaringstemperatur på +4°C för köttvaror, rökt, gravad och marinerad fisk.

Dessutom kan tillverkare av kylda och frysta livsmedel deklarerar en högsta tillåtna temperatur på matvarans förpackning. Då är det denna temperatur som gäller för att tillverkaren skall kunna garantera "bäst före datum" (den första iakttagbara förändringen) respektive "sista förbrukningsdag" (acceptansgräns).



Många krav på klimatet i butiken

Temperaturkvalitén

Temperaturkvalitén i matvarorna regleras av Livsmedelsverket i SLV FS 1996:5.

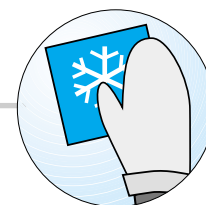
Termiska klimatet

Termiska klimatet för personalen regleras av Arbetsmiljöverket i AFS 1995:3(§12) (from 2001-07-1 AFS 00:42). För produktion av kylda livsmedel gäller AFS 1998:2, för utrustning såsom klädsel, handskar mm gäller AFS 1993:40 och för det termiska klimatet i kassaarbetsplatser hänvisas det till AFS 1992:19(§ 6).

Kundernas krav

Kundernas krav på det termiska klimatet i butiken och en god inomhusmiljö innefattas inte av några krav alls. Däremot är kundens upplevelse av största vikt för handlarer som vill tillfredsställa kundernas krav på en god inomhusmiljö. För låga eller för höga temperaturer i lokalen samt stora temperaturdifferenser i vertikal led upplevs som obehagligt. För mer detaljerad information om inomhusmiljön rekommenderas skrifterna "God inomhusmiljö" (14) och "Komfortkyla" (15).

Butikskyla



Butikskyla innefattar kylmaskiner med kringutrustning, kyl- och frysrum samt kyl- och frysmöbler. I kyl- och frysrum mellanlagras vissa varor innan de lastas in i butikens försäljningsavdelning. I försäljningsavdelningen exponeras kyllda och frysta varor i olika typer av kyl- och frysmöbler. Kyl- och frysrum såväl som kyl- och frysmöbler försörjs med kyla från kylmaskiner.

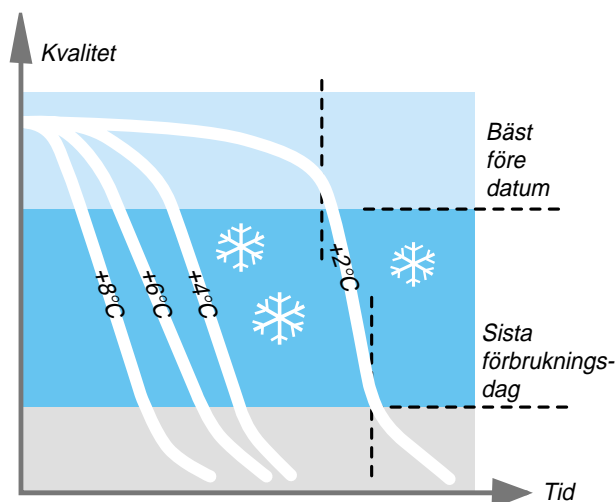
Kylbehovet för kyllda och frysta livsmedel påverkas av:

- Temperaturkraven för matvarorna
- Utformningen av kylsystemen i butiken
- Omgivningsklimatet i butiken

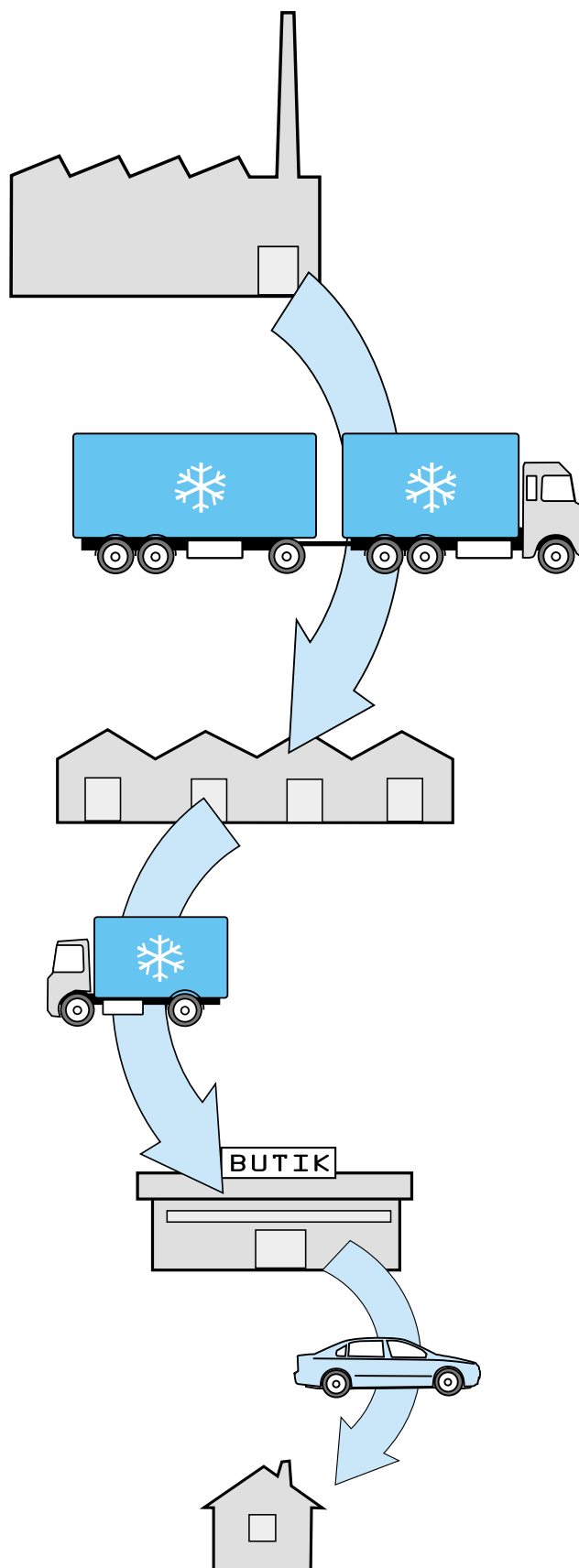
Omgivningsklimatet i butiken är beroende av utomhusklimatet men också av hur butikens klimatiseringsystem är utformat.

Den viktiga kylkedjan

Med en obruten kylkedja menas att maten inte någon gång under transport och lagring får hålla för höga temperaturer. Beräkningar av hållbarhetstid på olika livsmedel förutsätter en obruten kylkedja. Varken kyl- och frystransporter eller kyl- och frysmöbler i butik är konstruerade för att kyla/frysa varorna, dvs sänka varutemperaturen. Livsmedelsverket kräver därför något lägre temperatur hos grossister och under transporter till butik för att säkerställa kvaliteten i konsumentledet, (10), (13).



Bilden ovan illustrerar att hållbarhetstiden förlängs markant om varorna förvaras vid en lägre temperatur.



Inomhusklimatet i butiken

En människas komfortkrav påverkas av följande parametrar:

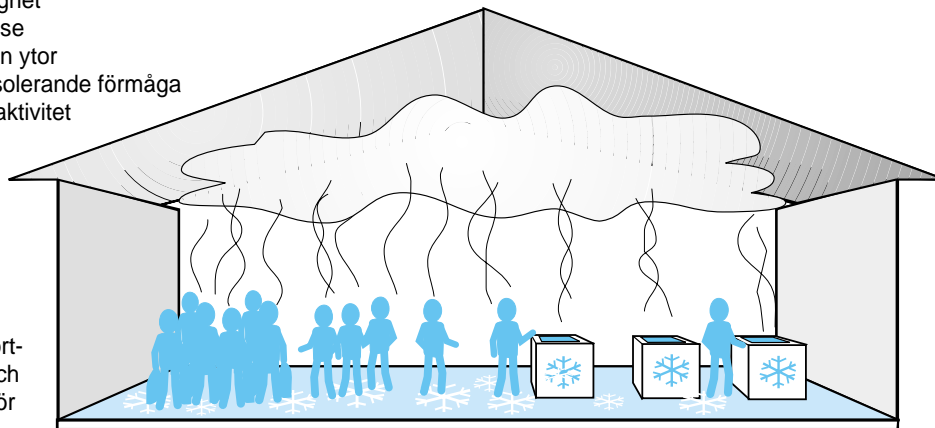
- luftens temperatur
- luftens fuktighet
- luftens rörelse
- strålning från ytor
- klädernas isolerande förmåga
- personens aktivitet

Klädseln

Klädseln påverkar den temiska komfortupplevelsen och den varierar för kunderna med utomhusklimatet

medan den är relativt konstant för personalen. Till butiken kommer kunder vintertid i full mundering med halsduk, mössa och vantar för att i det andra ytterlighetsfallet under varma sommardagar komma in i butiken lättklädda i shorts och linne. I båda fallen skall butiken kunna erbjuda ett behagligt inomhusklimat för kunden. Samtidigt är butiken en arbetsplats där personalen som har ungefär samma klädsel året runt skall erbjudas ett acceptabelt inomhusklimat.

Att erbjuda ett inomhusklimat som är acceptabelt för båda dessa grupper som under vissa perioder av året ställer olika krav på inomhusklimatet är en utmaning för projektörerna vid utformningen av butikernas system för klimatisering.



Aktiviteten

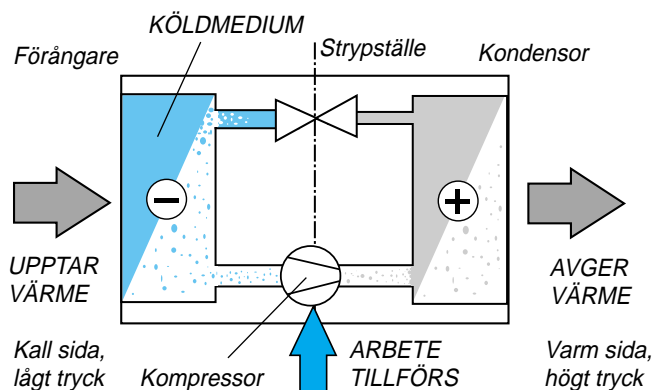
Aktiviteten är en annan faktor som framförallt kan variera mellan olika personalgrupper. Kassörskan har ett stillasittande arbete med låg aktivitet jämfört med tex de personer som arbetar med uppackning av varor i butiken.

I en butik är det vanligtvis kallare där kyl- och frysdiskarna är placerade och förluster från diskarna skapar temperaturskillnader i höjddled framför diskarna. Problemet med kalla gångar i butiker där kyl- och frysmöbler är placerade mot varandra är ett känt fenomen. Förlusterna från kyl- och frysmöblerna är så stora att det i dagens butikerna vanligtvis finns ett värmebehov året runt. I vissa butiker finns det avgränsade klimatrums för mejerivaror, frukt- och grönsaker samt för köttprodukter. I dessa rum är temperaturen lägre än i den övriga försäljningsytan. I grönsaksrummet är det inte ovanligt att det tillförs extra fukt.

Traditionell kylning med kylmaskin

Idag kyls maten i butikerna med kylmaskiner. Principen för en kylmaskin är att man använder ett arbetsmedium (köldmedium) i kylmaskinen som både kan förångas och kondenseras vid lämpliga tryck och temperaturer. I förångaren övergår mediet från vätska till gas vid ett lågt tryck. För att detta skall ske krävs tillförsel av värme. På den andra sidan i kylmaskinens kondensor övergår gasen åter till vätska vid högt tryck och värme avges.

Principiell uppbyggnad av en konventionell värmepump alternativt kylmaskin:



Valet av kylmaskin och köldmedium styrs av det dimensionerande kylbehovet och det dimensionerande temperaturkravet i matvarorna.

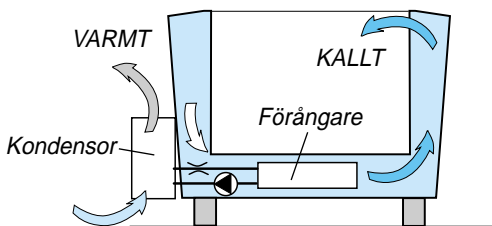
Generellt är det så att en högre kondenseringstemperatur ökar kylmaskinens energibehov. En högre kondenseringstemperatur innebär samtidigt att möjligheten att utnyttja värmen från kondensorn internt inne i butiken ökar.

För att kylmaskinen skall fungera måste även kondenseringstemperaturen regleras genom att värme i kondensorn kyls bort. Kan detta värme nyttiggöras ökar hela kylsystemets energieffektivitet. För att nyttiggöra kondensornvärmes krävs att det finns ett värmebehov.

Direkt kylsystem

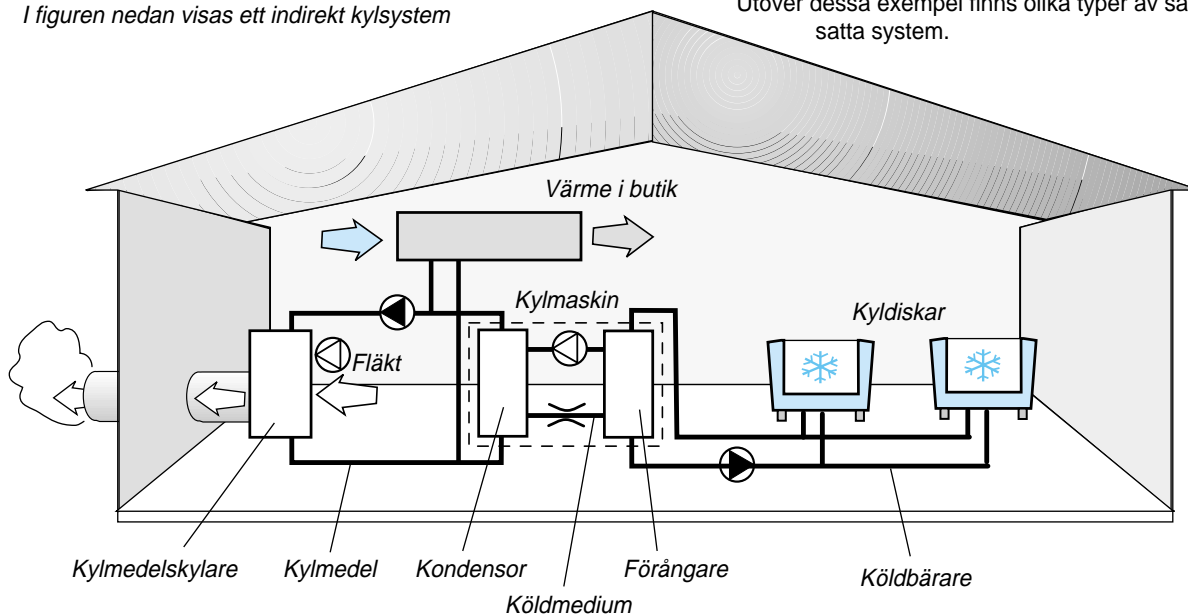
Kylsystem kan delas in i två huvudtyper, direkt kylda system och indirekt kylda system. Det vanligaste är att det finns flera typer av kyl- och fryssystem ute i butiken.

I ett direkt system sker det inga extra värmeväxlingar på kondensator eller förångarsidan. Den enklaste varianten är en kyl- eller frysdisk som har en egen kylmaskin direkt monterad i disken. Förångaren överför kylan direkt till luften. Den kalla luften kyler maten. Värmen i kondensorn avges direkt där kyl-/frysmöblen är placerad genom att butiksluften kyler kondensorn.



Direkta system kan även vara sammankopplade till centrala system där flera kyldiskar eller frysdiskar försörjs med kyla av samma kylmaskin. I detta fall är kylmaskinen oftast placerad i ett maskinrum och förångaren består av flera förångare placerade där kylbehovet finns tex i ett antal kylmöbler eller kylrum.

I figuren nedan visas ett indirekt kylsystem



Indirekt kylsystem

I ett fullständigt indirekt system sker det ett extra värmeväxlingssteg både på kondensorsidan och på förångarsidan. Vätskan som transporterar kylan på förångarsidan kallas köldbärare. Kylmaskinen är placerad centralt i ett kylrum och samma kylmaskin försörjer flera möbler/rum.

Köldbäraren pumpas ut till diskarna. I kylbatterier placerade i kylmöblerna / kylrummen, kyla luften som sedan kyler maten. På kondensorsidan överförs värmen till en sekundär krets. Vätskan som transporterar värmen på kondensorsidan kallas kylmedel. Värmen kan nyttiggöras internt i butiken, tex en luftvärmare för ventilationsluften eller en vattenvärmare för tappvarmvatten eller radiatorvatten.

Alternativt kyla hela eller delar av kondensatorvärmern externt, tex i en kylmedelskylare som kyla av uteluften, i en chiller (en extra kylmaskin) eller i en vätskekylare med fjärrvärme som kyla med fjärrkyla eller frikyla.

Utöver dessa exempel finns olika typer av sammansatta system.

Köldmedier

För djupare studier av köldmedier hänvisas till skriften "Köldmedier"(16). Med indirekta system med kylmaskinen placerad i ett separat maskinrum ökar möjligheten att använda köldmedier som är brännbara eller giftiga.

R134a

R404A

För och nackdelar med direkta /indirekta kylsystem

Det finns fördelar med både indirekta och direkta system. I de direkta systemen används större köldmediemängder, vilket innebär att risken för läckage ökar samt att flexibiliteten minskar vid byte av köldmedietyper. Fördelarna med indirekta system är de minskade köldmediemängderna, en större frihet att välja medium samt att det är lättare att lagra och reglera kyleffekten.

Samtidigt kräver ett indirekt system pumpenergi för att transportera köldbäraren och extra värmewäxlingar. Man kan inte generellt säga att indirekta system är effektivare än direkta eller tvärtom. Vilket som är lämpligast beror helt på förutsättningarna i den aktuella situationen, tex kyl- och värmebehov, temperaturnivåer, varaktighet, tillgången på lämpliga komponenter eller kostnadsläge.

Oavsett val av system är det viktigt att dimensionera systemet för det aktuella kylbehovet och de dimensionerande temperaturerna samt att låta köldbärarval och köldmedieval styra valet av komponenter och material i systemet. För systemens energieffektivitet, livslängd och driftsäkerhet är att det viktigt med:

- Isolerade rör
- Rena system
- Täta system

För indirekta system är det dessutom viktigt att poängtera att en grundläggande förutsättning för att kunna garantera optimal kyltransport och undvika problem med korrosion är att systemen är avluftade.

Energiförlusterna ökar med ökande rörlängd och rördiameter. Bristfällig isolering leder till energiförluster samt kondenspåslag och risk för påfrysning på utsidan och därmed även till minskad livslängd.

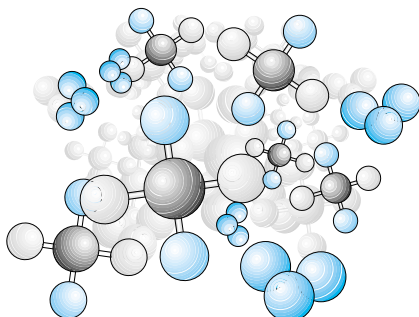


Köldbärare/kylmedel

I indirekta system används både kylmedel (kondensorsidan) och köldbärare (förångarsidan). Dessa vätskor skall väljas så att risken för frysning elimineras. Kylmedlet skall t.ex. klara ett driftstopp i en utomhusplacerad kylmedel-skylare och köldbärare skall dimensioneras för den dimensionerande förångningstemperaturen.

Generellt sett är det så att kostnaden för att pumpa runt vätskan ökar med sjunkande temperatur och ökad inblandning av köldbäraren. Därför är det viktigt att välja vätska och vätskans koncentration med hänsyn tagen till de dimensionerande temperaturer som finns i det aktuella systemet.

Precis som för köldmedier finns det för- och nackdelar med olika köldbärare. Hänsyn skall tas till vätskans termodynamiska egenskaper, brandfarlighet, giftighet och korrosivitet.



Köldbärarvätskor kan delas in i följande två grupper;

Utan fasomvandling,

tex vattenlösningar av

- oorganiska salter (kalciumklorid, natriumklorid, kaliumkarbonat)
- organiska salter (formiater, acetater),
- glykoler (etylen och propylen),
- alkoholer (etyl och metyl),
- övriga vattenlösningar (ammoniak, glycerin)

eller icke vattenlösliga organiska ämnen, t.ex.

- silikonolja,
- Dowtherm, Syltherm, Santotherm m.fl. produktnamn,

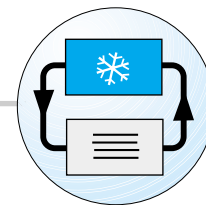
Med fasomvandling,

- traditionella köldmedier (R404A, R134),
- koldioxid (R744),
- binäris (slurry av is/vatten/alkohol; "flo-ice", "sjapis"),

Notera att koldioxid kan användas både som köldmedium och som köldbärare. Koldioxid används som köldbärare framförallt i frysapplikationer.

Teoretiskt skall köldbäraren väljas så att de värmeöverförande egenskaperna maximeras och så att pumparbetet minimeras. För mer information om olika egenskaper hänvisas till Åke Melinders arbete med att dokumentera köldbärare, (17), (18).

Butikens kylsystem



I butikerna kan det finnas många typer av system från direkta system till helt indirekta system. Det är vanligt med centrala system med kylmaskiner placerade i maskinrum. I de flesta butiker finns det dock oftast ett antal kyl- och frysdiskar med egna kylmaskiner.

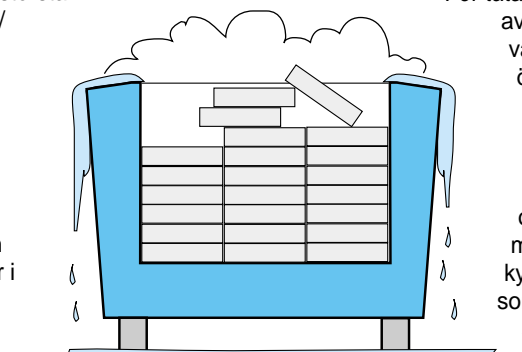
En del mattillverkare väljer att marknadsföra sina produkter i egna diskar som installeras i butiken, tex säljs ofta glass och olika typer av kampanjvaror i denna typ av diskar. I samma butik kan det också finnas både direkta och indirekta centrala system. Det är vanligare med indirekta system på kylsidan än det är på fryssidan. I Sverige har utvecklingen gått mot en allt större andel indirekta system.

Påfrysning / Avfrostning

Kunskap om både påfrysningförlopp och avfrostningsrutiner, (6), är viktig för kyl- och frysmöblers funktion. I storleksordningen 10 % av butikens energibehov kan kopplas direkt till avfrostning och värmelister som används för att undvika kondensbildning i möblerna (4). Infiltration av varm fuktig luft i butiken är den största orsaken till påfrysning i batterierna/förångarna. Frostpåväxten i batterierna ökar exponentiellt med en ökning i luftens fukthalt (20).

Fukthalten i butiken påverkas av följande faktorer

- Utomhusklimatet
- Klimatiseringssystemet i butiken
- Interna befuktningssystem i butiken
- Fuktagång från varor och människor.



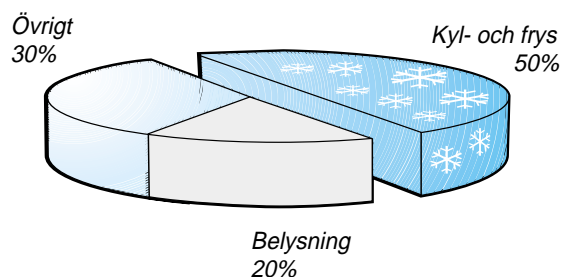
Frost bildas när temperaturen är under 0 °C. Ju lägre temperaturen är på batteriytan desto mer vatten faller ut på batteriet och därmed är påfrysningproblematiken större för frysmöbler.

För täta avfrostningar eller för långa avfrostningar ger upphov till förhöjda varutemperaturer i möblen samt ett ökat kylbehov för att kyla ned varor och batteri på nytt till driftstemperatur. Bristfällig avfrostning orsakad av för få avfrostningar innebär att batteriet blockeras med is och luftflödet genom batteriet minskar, vilket resulterar i minskad kyleffekt och sänkta lufthastigheter som försvagar luftridåernas förmåga att sluta tätt.

Är avfrostningstiden för kort så att batteriet inte hinner bli fritt från is och vatten kommer detta att leda till att isen växer på kontinuerligt, risk för att kondensavlopp sätts igen och att kylbehovet minskar succesivt samtidigt som temperaturerna stiger kontinuerligt i möblen.

Butikens energibehov

I butiken står lagringen av kylda och frysta varor för i storleksordningen 50 % och belysningen för ca 20% av energibehovet.

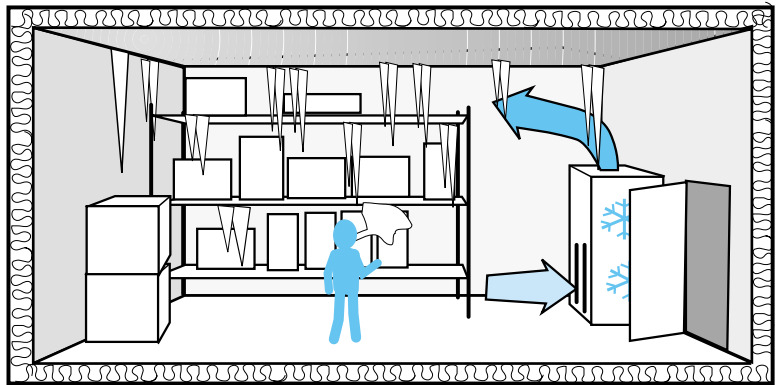


Kyl- och frysrum

Kyl- och frysrum är isolerade rum som fungerar som mellanlager i butiken. Kylan i rummet distribueras antingen av luftkylare i taket eller placerat på något av rummets väggar. Maten kyls med luft via naturlig konvektion eller påtvingad konvektion med fläktar.

Naturlig konvektion = luft rörelse enbart pga temperaturskillnad

Påtvingad konvektion = påtvingad luft rörelse

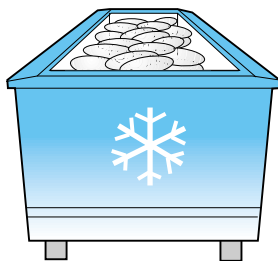


Kyl- och frysmöbler

Möblerna kan klassificeras på många sätt. Följande korta förklaringar är i första hand tänkta att illustrera de många olika krav som kan ställas på kylmöbler och deras funktion, (7), (19).

Allmän utformning

- Horisontell disk: Disk med en höjd < 1,2 m, tex frysgondoler.
- Vertikal disk: Öppen disk med en höjd > 1,2 m, normalt med ett antal hyllplan (t.ex. 5 plans vertikal kyldisk).
- Skyldisk: Öppet, horisontellt eller lätt lutande kylbord, där hela bordsytan kyls av en serpentinförångare.
- Dörrdisk: Vertikal disk med genomskinliga dörrar för självbetjäning.



Öppningstyp

- Stängd disk: Disk där varorna inte är åtkomliga utan att öppna en dörr/lucka.
- Öppen disk: Disk där varorna är åtkomliga, utan att öppna en dörr/lucka.

Tillgänglighet

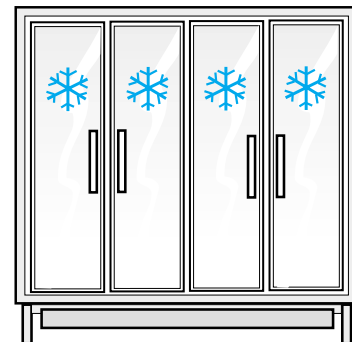
Kravet på tillgänglighet bestämmer hur varorna ska kunna nås av kunder och personal (ovanifrån, framifrån, bakifrån).

Inlastning av varor

Kravet på att lätt kunna försörja disken med varor kan lösas med inlastning ovanifrån, framifrån eller bakifrån. I det senare fallet kan nämnas lösningar där disken lastas direkt från ett angränsande kylrum.

Kundbetjäning

- Självbetjäning: Disk där kunderna betjänar sig själva.
- Personalbetjäning: Disk där anställd personal överlämnar varor till kunderna.



Temperaturklass

- Kyldisk: Disk för kylda varor med en temperatur > 0 °C.
- Frysdisk: Disk för kylda/frysta varor med en
 - temperatur < -10 °C (frysta varor)
 - temperatur < -18 °C (djupfrysta varor)
 - temperatur < -20 °C (speciella varor, t.ex. sorbet och gräddglass)

Varutyp

Speciell utformning av disken krävs för olika varutyper, t.ex. frukt och grönt, konditorivaror, mjölkprodukter, färdiglagad mat, köttvaror, frysta och djupfrysta varor, glass och sorbet.

Emballage

I huvudsak skiljer man bara på färdigförpackade och oemballerade varor.

Kyldistribution

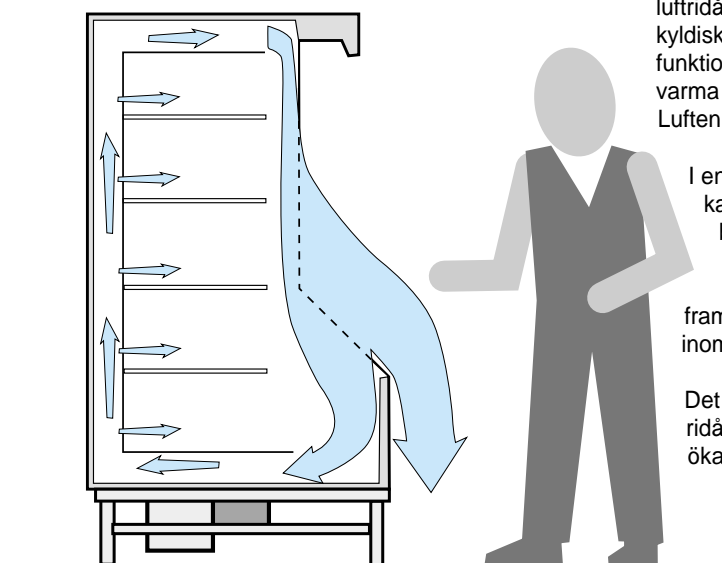
- Konvektion: Kylning med naturlig eller påtvingad konvektion.
- Ledning: Kylning via en kall yta genom direkt kontakt eller indirekt kontakt (t.ex. is).
- Blandad: Kylning med både konvektion och ledning.

Öppningsskydd

Kyldiskar kan vara helt utan skydd eller förses med olika anordningar för att hindra infiltration av varm luft och fukt.

Vertikala kyldiskar

Den principiella funktionen hos en öppen vertikal kyl- eller frysdisk är att luften kyls i en förångare / kylbatteri. Detta är vanligtvis placerat i botten eller i kyldiskens rygg. Den kylda luften fördelas sedan dels till ryggen där luften blåses ut genom öppningar i diskens ryggparti och dels som en luftridå i framkanten. Luften sugas sedan tillbaka i botten på kyldisken genom ett returgaller. Luftridåns huvudsakliga funktion är att fungera som en barriär/dörr mellan den varma luften i butiken och den kalla luften i kyldisken. Luften från ryggen skall i första hand kyla matvarorna.



I en vertikal kyldisk är 60 - 70 % av förlusterna orsakade av infiltration av varm omgivningsluft från butiken, (2). Detta innebär att luftridåns utformning och säkerhetsställandet av ridåns funktion är mycket viktig för att minska kylbehovet men framförallt för att garantera att varorna i disken håller sig inom föreskrivet temperaturintervall.

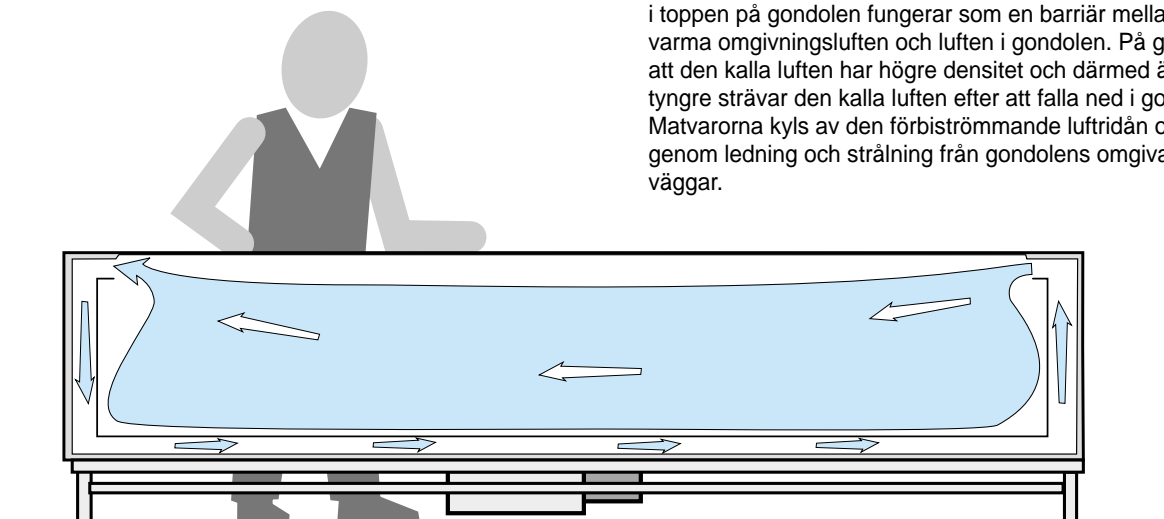
Det finns kyldiskar med mer eller mindre sofistikerade ridåer. Den enklaste disken har en enda ridå. Genom att öka antalet ridåer ökar generellt ridåns effektivitet.

Kyldiskens kylbehov är starkt kopplad till, vilket omgivningsklimatet det är i butiken. Både en ökning i den torra temperaturen och en ökning i fukthalten i omgivningsluften ökar kyldiskens

kylbehov. En ökad fukthalt leder förutom till ökade infiltrationsförluster även till en ökad påfrysning i kyldiskens batteri.

Horisontella kyl- eller frysgondoler

I en gondol löper en luftkanal med kyld luft runt hela gondolen. Luften kyls i ett batteri och en horisontell luftridå i toppen på gondolen fungerar som en barriär mellan den varma omgivningsluften och luften i gondolen. På grund av att den kalla luften har högre densitet och därmed är tyngre strävar den kalla luften efter att falla ned i gondolen. Matvarorna kyls av den förbiströmmade luftridån och genom ledning och strålning från gondolens omgivande väggar.



Val av kylmöbler

Varornas temperaturkrav är det viktigaste kriteriet vid val av kyl- eller frysmöbler. För vissa varor kan lufthastigheten förbi varorna vara ytterligare en begränsande faktor. Det gäller speciellt matvaror som inte är emballerade. Exempel på varor som är känsliga för höga hastigheter är köttprodukter i charkdiskar, frukter och grönsaker samt bakverk. Höga hastigheter kan leda till kvalitetsförsämring, förändringar av ytans utseende och viktsförluster.

Många handlare föredrar öppna diskar där den kalla luften inne i disken skiljs från den varma omgivningsluften utanför med luftridåer. Motiveringen till detta är att dörrarna uppfattas som ett fysiskt handelshinder.

I tabellerna till höger redovisas schablonvärden för ett antal möbeltyper.

I butikerna finns många typer av möbler. De två vanligaste typerna är den vertikala kyldisken samt den horisontella kyl- eller frysgondolen. Vertikala femplans kyldiskar är populära för att det i dem är möjligt att exponera mycket varor på en liten butiksyta.

Kyldiskar

Typiska specifika kyleffekter för kyldiskar:

\dot{Q}_c /L, (kyleffekt per löpmeter, W/m) (7) (19).

Omgivningsklimat: 25°C / 60 % RH (torr temperatur/relativt ångtryck).

Kyldisk: $t > 0$ °C (typisk förågnings- temperatur, $t_2 = -10$ °C)	Produkt- temperatur t_1 (°C)	Specifik kyleffekt \dot{Q}_c /L (W/m _L)
Betjäningsdisk i glas ● Kyldistribution via naturlig konvektion ● Exponeringsyta = 0,8 m ² /m _L ● Överbyggnad i planglas	+4/+2	200/220
Betjäningsdisk i glas ● Kyldistribution via påtvingad konvektion ● Exponeringsyta = 0,8 m ² /m _L	+4/+2	250/280
Horisontell självbetjäningsdisk ● Kyldistribution via påtvingad konvektion ● Exponeringsyta = 0,9 m ² /m _L ● Horisontell, turbulent, asymmetrisk luftridå	+2/+0	400/430
Vertikal självbetjäningsdisk ● Kyldistribution via påtvingad konvektion ● Exponeringsyta = 1,3 m ² /m _L ● Vertikal, turbulent, symmetrisk luftridå ● 4 hyllplan plus bottenrätet ● H = 2 m	+6/+4	1200/1300

Frysdiskar

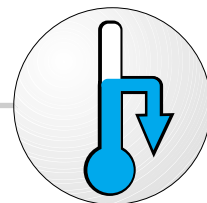
Typiska specifika kyleffekter för frysdiskar:

\dot{Q}_c /L, (kyleffekt per löpmeter, W/m) (7) (19).

Omgivningsklimat: 25°C / 60 % RH (torr temperatur/relativt ångtryck).

Frysdisk: $t < -18$ °C (typisk förågnings- temperatur, $t_2 = -35$ °C)	Produkt- temperatur t_1 (°C)	Specifik kyleffekt \dot{Q}_c /L (W/m _L)
Självbetjäningsgondol ● Kyldistribution via påtvingad konvektion ● Horisontell, laminär, asymmetrisk luftridå ● Exponeringsyta = 0,8 m ² /m _L	-18/-20	420/450
Självbetjäningsgondol ● Kyldistribution via påtvingad konvektion ● Horisontell, laminär, asymmetrisk luftridå ● Exponeringsyta = 1,1 m ² /m _L	-23/-25	630/670
Vertikal självbetjäningsdisk ● Kyldistribution via påtvingad konvektion (2 förångare) ● Vertikal, turbulent, luftridåer (3 ridåer varav en med omgivningstemp.) ● Exponeringsyta = 1 m ² /m _L ● 4 hyllplan plus bottenrätet ● H = 2 m	-18/-20	1900/2100 max omgivnings- klimat 24 °C/55 %RH
Vertikal självbetjäningsdisk med glassdörrar ● Kyldistribution via påtvingad konvektion ● Exponeringsyta = 0,84 m ² /m _L ● Vertikal, turbulent inre luftridå ● 4 hyllplan plus bottenrätet ● H = 2 m ● Glassdörrar - trippelglas varav ett uppvärmt	-23/-25	800/860

Förbättringspotential



Alternativ till traditionella kylmaskiner

Det som begränsar användningen av alternativa kylmetoder är temperaturkraven i livsmedlen. Därför är det framförallt för de kylda livsmedlen som kan lagras i en högsta temperatur på +8 °C som det är möjligt att hitta alternativ.

Frikyla

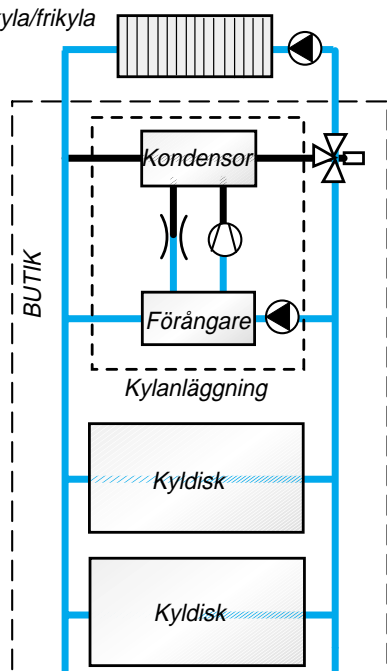
Med frikyla avses kylning utan kylmaskin. En traditionell kylmaskin skulle kunna ersättas med en luftkylare som kylv av utomhusluften alla dagar som utomhustemperatur understiger -5 °C om temperaturkravet är +8°C. I Kiruna tex skulle frikyla kunna utnyttjas under halva året. Sedan är det teoretiskt möjligt att kombinera frikyla med kylmaskinsdrift. Utnyttjandet av frikyla skulle därmed minska kylmaskinens slitage pga kortare drifttid och spara energi under den period på året när elenergibehovet i landet är som störst.

Fjärrkyla

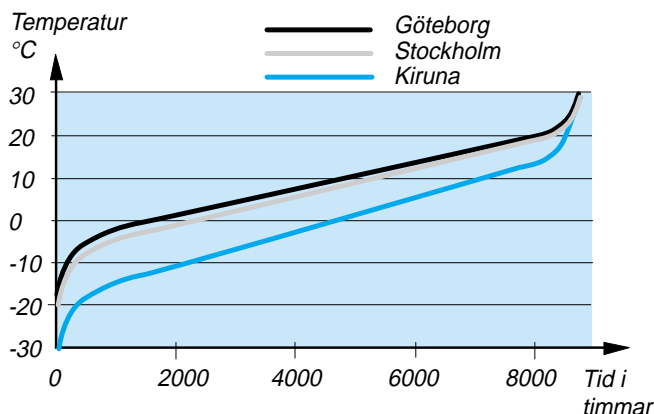
Fjärrkyla är ytterligare ett alternativ som kan vara aktuellt. Med fjärrkyla utnyttjas varierande produktions sätt, frikyla, spillkyla från värmepumpar, absorptionskylmaskiner drivna med fjärrvärme alternativt med separata kylmaskiner. Tack vare dessa produktions sätt minskar elanvändningen och köldmedieanvändningen normalt vid utnyttjande av fjärrkyla. Det som begränsar användningen av fjärrkyla i butiksapplikationer är temperaturnivån eftersom köldbäraren är vatten.

På samma sätt som med frikyla skulle fjärrkyla kunna kombineras med en traditionell kylmaskin. Med energi-effektivare kyl- och frysmöbler kommer möjligheten att använda alternativa kylmetoder att öka.

Kondensorkyla/frikyla



I diagrammet nedan visas utetemperaturens varaktighet på tre orter under ett år.



Energieffektivisering på systemnivå

Kylbehovet i en butik varierar under året och är högst på sommaren. Kylbehovet varierar dessutom under dygnet. Med regelsystem som tar hänsyn till att kylbehovet varierar kan ytterligare energi sparas.

Ökas förångningstemperaturen 1 K leder detta till att kylmaskinens energiförbrukning sjunker med ca 3%. Observera att storleken på besparingen beror både på den aktuella kylmaskinen och valet av köldmedium. Sett ur ett systemperspektiv finns det alltså ytterligare besparingar att uppnå om det går att gruppera kylmöbler respektive frysmöbler med samma behov av förångningstemperatur så att de försörjs av samma kylmaskin.

Kylmaskinens energieffektivitet ökar om kondenseringsvärmets kan nyttiggöras inom systemet butiken. Om kondenserings temperaturen varierar under året efter butikens behov kan ytterligare energi sparas. En sänkning av kondenserings temperaturen med 1 K leder detta till att kylmaskinens energiförbrukning sjunker med ca 3%.

För indirekta system skall köldbärarens blandning optimeras för den dimensionerande temperaturen. Även här kan besparingar sett ur ett systemperspektiv uppnås om det går att gruppera kylmöbler respektive frysmöbler med samma behov av kölbärartemperatur för att minska inblandningen och höja temperaturen, vilket resulterar i ett minskat behov av pumpenergi.

Kylbehovet och temperaturerna i varorna förbättras generellt med lägre temperatur och lägre fukthalt i butiken, vilket måste ställas i relation till investeringskostnaden för butikens klimatiseringssystem samt vilken inverkan det har på den termiska komforten för kunder och personal.

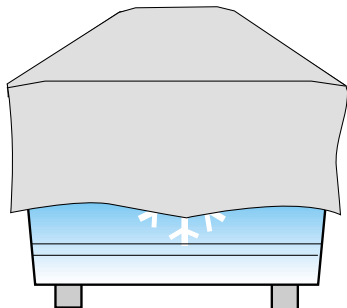
Energieffektivare kyl- och frysmöbler

Energieffektiva kyl- och frysmöbler sparar energi och minskar temperaturspridningen bland varorna i disken och förångningstemperaturen kan därmed höjas. Temperaturen i matvarorna förbättras och det minskade läckaget av kall luft från kylmöblerna förbättrar det termiska klimatet för människorna som vistas i butiken.

Nattäckning av kyl- och frysmöbler

Nattäckning av kyl- och frysmöbler sparar energi. Resultat från mätningar visar att kylbehovet i en vertikal kyldisk sjunker med 60 - 80 % under den tid som disken är täckt. Temperaturen sjunker i varorna och blir jämnare under den period disken är täckt. Besparingens storlek som kan uppnås med nattäckning

- ökar ju varmare och fuktigare det är i butiken
- beror på butikens öppettider
- ökar om diskens reglersystem tar hänsyn till att förlusterna minskar med nattäckning



Avfrostning av kyl- och frysmöbler

Avfrostningsbehovet varierar under året pga att luften är torrare vintertid. Behovsstyrd avfrostning sparar energi och förbättrar temperaturkvalitén i varorna.

Den termiska komforten i butiken

Den termiska komforten kan förbättras med rätt utformning av butikernas ventilationssystem, (8)(9)(22). Men det bästa sättet att minska problemen med kallras måste dock ändå vara att installera energieffektiva möbler som håller kylan inne i diskarna.

ETT RÄKNEEXEMPEL

Vad kan man tjäna på att installera nattgardin på 20 meter kyldisk i en butik om gardinen sparar 60 % under den tid disken är täckt.

Medelvärde energiförbrukning på kyldiskar = 1,2 kW/m

Energiförbrukning nattetid med gardin = 0,4 • 1,2=0,48 kW/m

Butiken är öppen mellan 8.00 och 20.00 alla dagar

Ett år=8760 h

Elpriset = 0,6 kr/kWh.

Energikostnad utan nattgardin = 126.216 SEK/år

Energikostnad med nattgardin = 83.092 SEK/år

I detta exempel är besparingen per år ca 37 865 SEK om man installerar nattgardin.

Investeringskostnaden är ca 2500 kr/m.

Återbetalningstiden är

$2500 / (126.216 - 83.092) = 1,2$ år

Det är viktigt att gardinen sluter tätt utmed kyldiskens kanter annars kan problem med infiltration av varm luft leda till lokalt förhöjda temperaturer i kyldisken. Täckning av gondoler kan ge besparingar på upp till 40 %.

Eliminering av yttre faktorer som försämrar temperaturen i varorna och ökar kylbehovet

För att inte energiförbrukningen skall öka, det termiska klimatet i butiken försämrats och temperaturen i maten skall överskrida lagstadgade krav måste luftströmningen och lufridån fungera som den är planerad att göra i kyl- och frysmöblerna. Med ökad kunskap och rätt hantering kan störkällor elimineras.

Omgivningsklimatet

Extremt omgivningsklimat påverkar möblernas kylbehov och prestanda. Extrema klimatförhållanden kan orsakas av bristfälligt luftkonditioneringssystem, ångbefuktning i lokalen, hög kundgenomströmning och hög utomhus-temperatur.

Inlastning

Inlastning av för varma matvaror innebär att kylkedjan är bruten. Möblerna är dessutom konstruerade för att lagra livsmedel vid en given temperatur och inte för att sänka varutemperaturen.

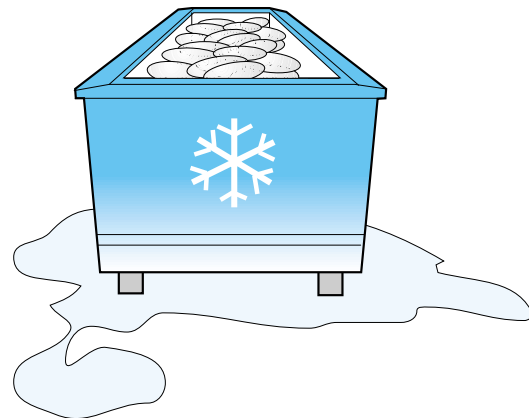
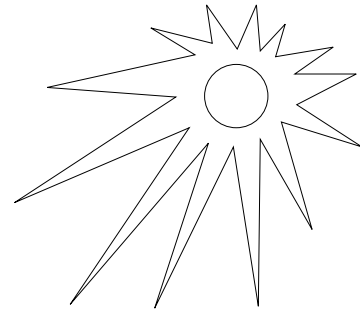
Lastning

Lastningen påverkar funktionen och det är så att både vertikala kyldiskar och gondoler fungerar bäst då de är fullastade. I den vertikala disken blir luftströmningen ifrån ryggen jämnast med en fullastad disk samtidigt som matvarorna och hyllorna fungerar som ett fysiskt hinder när ridån strävar efter att vika inåt (2). På samma sätt fungerar matvarorna i en fullastad gondol som ett fysiskt hinder för den kalla "tungta" luften som vill falla nedåt i gondolen.

Överlast/störd luftströmning

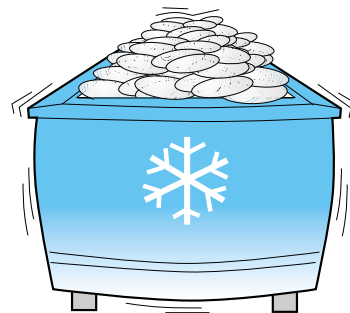
Överlast förstör luftströmningen i både gondoler och vertikala kyldiskar. I kyl- och frysmöbler finns det vanligen lastlinjer. Placeras mat utanför dessa riskerar varorna dels att hamna utanför det kylda utrymmet och dels att dessa varor förstör luftströmningen så att kylningen förstörs även i andra delar av möbelen.

Blockerad eller störd luftströmning påverkar både kyldiskens kylbehov och temperaturerna i matvarorna. Luftströmningen kan störas av felaktigt placerade märkskyltar av olika slag och valet av inredning. Butiken kan designa och förändra inredningen i disken utifrån de aktuella behoven. Det är viktigt att kritiskt ifrågasätta vilka konsekvenser det kan få för luftströmningen i den aktuella disken.



Blockerade kylbatterier

Blockerade batterier kan uppstå dels pga smutsiga batterier men också pga felaktiga avfrostningsrutiner. Blockerade kylbatterier/förångare minskar luftflödet i disken. Den överförda kyleffekten från batteriet minskar och det leder dessutom till försvagade lufridåer då lufthastigheten i ridån minskar.



Drag

Höga hastigheter i omgivningsluften (över 0,3 m/s) kan försämra lufridåernas funktion och i värsta fall helt förstöra både horisontella och vertikala lufridåer. Kylbehovet ökar samtidigt som temperaturerna i matvarorna stiger, (3). Höga omgivningshastigheter kan orsakas, t.ex. av olämpligt placerade varuportar som skapar tvärdrag i de regioner där möblerna är placerade, ogynnsam placering av möbler i förhållande till lokalens luftkonditioneringssystem, ventilationssystemets dimensionering och utformning eller tilluftsdon som riktas direkt på ridåerna.

Provning av kyl- och frysmöbler

I Europa finns det en europeisk provningsstandard EN441 för provning av kyl- och frysmöbler utfärdad av den europeiska standardiseringsorganisationen CEN. Provingen kan utföras i olika omgivningsklimat och för olika varutemperaturklasser, se tabell.



Klassindelning beträffande varutemperatur och omgivningsklimat enligt EN 441.

Varutemperatur			Omgivningsklimat		
Klass	Max (°C)	Min (°C)	Klass	Temp (°C)	Fukt (% RH)
L1	-15 (-18)	-	1	16	80
L2	-12 (-18)	-	2	22	65
M1	+5	-1	3	25	60
M2	+7	-1	4	30	55
H	+10	+1	5	40	40
S1	+8	-1	6	27	70
			S7	20	51

Det är vanligt att provning utförs med omgivningsklimatet, klass 3 som ofta definieras som ett dimensionerande sommarklimat i Europa. Provingen utförs sedan för en bestämd varutemperaturklass och då måste samtliga varors temperatur ligga inom det specificerade varutemperaturintervallet.

Energimärkning

Det finns ett europeiskt energimärkningssystem framtaget för kyl- och frysmöbler, (5). Detta system fungerar på samma sätt som det märksystem som idag finns på t.ex. vitvaror. Systemet bygger på egenmärkning av tillverkaren och energiklass A står för de energisnålaste produkterna.



Mer att läsa



Information från organisationer som arbetar med kylteknik

Det finns många organisationer, som utarbetar normer, rekommendationer, handböcker m.m. eller på annat sätt påverkar förutsättningarna för kyltekniskt arbete.

I Sverige finns t.ex.

- Svenska Kyltekniska Föreningen (organisation för Sveriges kyltekniker)
- KYS (kylbranschens samarbetsstiftelse; utger t.ex. svensk kylnorm)
- KYL (kylentreprenörernas förening)
- SVEP (svenska värmepumpsföreningen; tillverkare och importörer)
- Föreningen V (ventilations- och luftkonditioneringsföretag)
- VVS-tekniska föreningen

I Europa finns motsvarande organisationer av vilka de viktigaste är

- CECOMAF (kylbranschens organisation; certifierar produkter av typen luftkylare, vätskekylaggregat, kondensorer m. m. tillsammans med EUROVENT)
- EUROVENT (ventilations- och luftkonditioneringsbranschen)
- ASERCOM (kompressortillverkarnas organisation)
- REHVA (VVS-teknik och luftkonditionering)

och i USA finns

- ASHRAE (VVS-teknik, luftkonditionering och kylteknik)
- ARI (kylteknik)

Internet är ytterligare en källa till information. Följande hemsidor rekommenderas för ytterligare information. På hemsidorna finns dessutom ytterligare länkar till andra specialiserade hemsidor.

Kylbranschens samarbetsstiftelse
www.kys.se

Naturvårdsverket
www.environ.se

Livsmedelsverket
www.slv.se

Hemsida Berglöfs Kylteknologi
www.berglof-kylteknologi.se

SP
www.sp.se

Effsys
www.egi.kth.se/users/thermo/effsys/www/index2.htm

KLIMAT 21
www.egi.kth.se/users/thermo/klimat21

Arbetsmiljöverket
www.av.se

IEA HEAT PUMP PROGRAMME
Annex 26

University of Bristol FRPERC
www.frperc.bris.ac.uk

Djupfrysingsbyrån
www.djupfrysingsbyran.se

Heat pump centre
www.etde.org/abtetde/hpc.html

IIR
www.iifiir.org

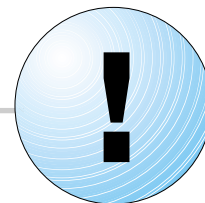
Energimyndigheten
www.stem.se/opet/

Fjärrvärmeföreningen
www.fjarvarme.org

Exempel på övrig litteratur

- ASHRAE Refrigeration Handbook, chapter 32, (1986)
- ASHRAE Equipment Handbook, chapter 35, (1988)
- ASHRAE Refrigeration Handbook, ISBN 1-88341-54-0, (1998)
- Bäckström, M., Kylteknikern, ISBN 91-865-90-00-6 (1984)
- Fahlén, P. O., (2000), Butikskyla

Referenser



1. Anema, P. J. (1995). The chilled cabinet essential in the food chain. 19th Int. Congr. Refrig, The Hague, The Netherlands.
2. Axell, M., P. O. Fahlén, et al. (1999). Influence of Air Distribution and Load Arrangement in Display Cabinets. 20th Internatioanl Congress of Refrigeration, Sydney, Australia, IIR.
3. Bobbo, S., G. Cortella, et al. (1995). The temperature of frozen foods in open display freezer cabinets: simulation and testing. 19th int. Congr. Refrig 2: 697-704.
4. Chan, K. Y. and S. A. Tassou (1997). Efficiency and stability issues in the control of multi-compressor refrigeration packs. International Conference on Energy and the Environment, Limassol.
5. Elefsen, F., Gigiel, A., Van der Sluis., S. M., Energy labelling in supermarket refrigeration cabinets, R95:164, The Netherlands.
6. Fahlén, P. (1996). Frosting and Defrosting of Air Coils - A Literature Survey. Borås, Sweden, SP, Department of Energy Technology.
7. Fahlén, P. (2000). Butikskyla. Borås, Sweden, Energy Tecnology
8. Foster, A. M. (1996). The benefits of computational fluid dynamics (CFD) for modelling processes in the cold chain. Bristol, Great Brittain, Univ. Bristol FRPERC.
9. Foster, A. M. and G. L. Quarini (1998). Using advanced techniques to reduce the cold spillage from retail display cabinets into supermarket stores. Refrigerated Transport, Storage & Retail Display. Joint Conf. of IIR , D1, D2/3, Cambridge, Great Britain, IIR.
10. Livsmedelsverk, S. (1980). "SLV FS 1980:6 Statens livsmedelsverks tillämpningskungörelse med föreskrifter och allmänna råd om trasport av lättfördärliga livsmedel." .
11. Livsmedelsverk, S. (1993). SLV FS 1993: 16 Statens livsmedelverks kungörelse med föreskrifter och allmänna råd om hantering av djupfrysta livsmedel. Sweden.
12. Livsmedelsverk, S. (1996). SLV FS 1996:5 Statens livsmedelverks kungörelse med förskrifter och allmänna råd om hantering av livsmedel. Sweden.
13. Livsmedelverk, S. (1995). "SLV FS 1995:18 Bilaga 1-3 till överenskommelsen om internationell transport av lättfördärliga livsmedel och om speciell utrustning för sådan transport (ATP)." .
14. Nilsson, P. E., (2000). God inomhusmiljö., EFFEKTIV 2000:02.
15. Nilsson, P. E., (2001). Komfortkyla., EFFEKTIV 2001:01.
16. Nilsson, P. E., (2001). Köldmedier., EFFEKTIV 2001:02.
17. Melinder, Å., (1997). Termo-fysikaliska egenskaper för köldbärarvätskor., Handbook No 12, Sweden.
18. Melinder, Å. (2000). Update on secondary refrigerants for indirect systems. Workshop IEA Annex 26, Stockhol, IEA.
19. Rigot, G. (1990). Meubles & Vitrines Frigorifiques. Cedex, France, Pyc edition.
20. Tassou, S. A. and D. Datta (1999). Influence of supermarket Environmental Parameters on the Frosting and Defrosting of Vertical Display Cabinets. ASHRAE Transactions: Symposia, ASHRAE.
21. Torstveit, A. K. and O. M. Magnusen (1998). Temperature conditions in refrigerated counters in Vest Agder, Norway. IIR Symp., Nantes, Nantes, France.
22. Xiang, W. and S. A. Tassou (2000). Modelling and investigation of the interactions between the environment and open refrigerated display cabinets in retail food stores. ROOMVENT 2000, Elsevier Science Ltd.

Denna rapport är framtagen i forskningsprogrammet EFFEKTIV som bedrivs inom Centrum för Effektiv Energianvändning (CEE).

CEE består av SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, CIT Energy Management och Institutionen för Installationsteknik vid Chalmers Tekniska Högskola.

EFFEKTIV

c/o SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut

Box 857, 501 15 Borås. Telefon 033 - 16 50 00. Fax 033 - 13 55 02. Internet www.effektiv.org

RAPPORT EFFEKTIV 2001:05

ISBN 91-7848-872-9

ISSN 1650-1489