

TNO-rapport
TNO-MEP – R 98/149

TNO Milieu, Energie
en Procesinnovatie

Laan van Westenenk 501
Postbus 342
7300 AH Apeldoorn
Telefoon 055 - 549 34 93
Fax 055 - 541 98 37

Energiezuinige koelsystemen voor levensmiddelenwinkels en supermarkten

“Code of practice” voor investeerders

Datum
oktober 1998

Auteurs
S.M. van der Sluis - TNO-MEP
J. Horvath - Epsilon Technologies Ltd (Canada)

Projectnummer
28459

Trefwoorden

Bestemd voor
NOVEM
Postbus 8242
3503 RE Utrecht

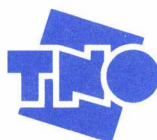
Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar
gemaakt door middel van druk, foto-
kopie, microfilm of op welke andere
wijze dan ook zonder voorafgaande
toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
Algemene Voorwaarden voor onder-
zoekopdrachten aan TNO, dan wel
de betreffende terzake tussen de
partijen gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het
TNO-rapport aan direct belang-
hebbenden is toegestaan.

© 1998 TNO

Het kwaliteitssysteem van TNO Milieu, Energie en
Procesinnovatie voldoet aan ISO 9001.

TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie is een nationaal en
internationaal erkend kennis- en contractresearch instituut
voor bedrijfsleven en overheid op het gebied van duurzame
ontwikkeling en milieu- en energiegerichte procesinnovatie.



Nederlandse Organisatie voor toegepast-
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

Op opdrachten aan TNO zijn van toepassing de Algemene
Voorwaarden voor onderzoekopdrachten aan TNO, zoals
gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank en de
Kamer van Koophandel te 's-Gravenhage.

Samenvatting

Het rapport “Energiezuinige koelsystemen voor levensmiddelenwinkels en supermarkten, code of practice voor investeerders” geeft een leidraad voor het aanvragen en beoordelen van offertes voor koeltechnische installaties.

In de detailhandel is voor elke investeerder in koeling de “omgeving” verschillend, zodat één standaard methode voor het aanvragen van offertes niet zal volstaan. Daarom wordt hier een leidraad gepresenteerd, die niet bedoeld is als “starre” methode, maar die wel de belangrijke aandachtspunten aangeeft om te komen tot de aanschaf van een energiezuinige installatie waarin de producttemperaturen goed worden beheerst.

De beheersing van producttemperaturen is van groot belang in het kader van de HACCP systematiek. Hiervoor worden twee essentiële instrumenten aangereikt: de temperatuurclassificatie van koel- en vriesmeubelen volgens de Europese Norm EN 441, en de aanduiding van het werkingsgebied van de koelinstallatie (maximum buitentemperatuur waarbij de installatie naar behoren functioneert).

Om te komen tot een energiezuinige installatie keuze wordt voorgesteld om in de offerte een jaarlijks energiegebruik op te laten nemen voor de standaard aangeboden installatie, met daarnaast een opgave van energiebesparende opties (met meerinvestering en besparingspercentages). De benodigde bijbehorende “instrumenten” worden aangereikt:

- de energie labelling methodiek voor koel- en vriesmeubelen;
- berekeningsmethode voor het jaarlijkse energiegebruik;
- besparingspercentages van energiebesparende opties;
- methode voor offertevergelijking op basis van de investerings- en jaarlijkse kosten.

Een korte inleiding in de (winkel)koeltechniek en een beschrijving van energiebesparende opties geeft de investeerder de mogelijkheid om zich ook inhoudelijk te mengen in de discussie over een energiezuinige installatie keuze. Verder zijn enkele aandachtspunten m.b.t. koeltechnisch bestek en installatie opgenomen.

Op basis van ervaringen in de praktijk met de voorgestelde leidraad hopen wij op termijn te komen tot een meer gestandaardiseerde methode, die voor alle partijen toepasbaar is. Deze methode kan dan vervolgens ook worden uitgebreid naar voorliggende en latere “stappen” in het volledige traject van de planning van een nieuwe supermarkt tot aan het reguliere onderhoud bij normaal bedrijf van een supermarkt koelinstallatie. Op die wijze kan een volledig pakket van standaards worden opgebouwd, zoals dat nu bijvoorbeeld in de bouwwereld reeds in gebruik is.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
1. Doel en opzet	5
2. Toepassingsgebied	6
3. Koelsystemen en apparatuur voor levensmiddelenwinkels	7
3.1 Introductie koeltechniek voor niet - koeltechnici	7
3.2 Koudemiddelen, directe en indirecte systemen	10
3.3 Winkelindeling en selectie van koel- en vriesmeubelen	10
3.3.1 Versafdeling	11
3.3.2 Vlees en delicatessen	11
3.3.3 Melkproducten	11
3.3.4 Vis	12
3.3.5 Brood en gebak	12
3.3.6 Diepvriesproducten en ijs	12
3.4 Afspraken over producttemperaturen	13
3.5 Afspraken betreffende werkingsgebied	14
4. Energie efficiency bij koeling in supermarkten	15
4.1 Elektriciteitsgebruik ten behoeve van koeling in supermarkten	15
4.2 Energetisch rendement van het koel- of vriesmeubel	16
4.3 Rendement van het koelsysteem	17
5. Rendementsverhogende technologieën	19
5.1 Variabele condensordruk	19
5.2 Verhoging van de vloeistofdruk	20
5.3 Interne onderkoeling	22
5.4 Mechanische onderkoeling	25
5.5 TXV onderkoeling	26
5.6 Onderkoeling door middel van de omgevingslucht	27
5.7 Vloeistof/Zuiggas warmtewisseling	28
5.8 Elektronisch expansieventiel	30
5.9 Cooltronictechnologie	31
5.10 Verdampingscondensoren	31
5.11 Hoogrendementscompressoren	32
5.12 Compressoren met variabele snelheid	33
5.13 Samengestelde parallelle ongelijke compressoren	33
5.14 Ontdooien met heet gas	34
5.15 Terugwinning van condensorwarmte	34

6.	Vergelijkende samenvatting van verschillende technologieën.....	35
7.	Het aanvragen van offertes	37
8.	Verwijzingen en relevante publicaties.....	41
9.	Verantwoording	42
	Bijlagen	
	A. Categorieën van koelvitrites	
	B. Eenvoudige rekenmethode ter bepaling van het jaarlijkse energiegebruik van koel- en vriesinstallaties in de levensmiddelendetailhandel	
	C. Voorbeeldspecificatie	
	D. Koeltechnisch bestek en installatie	
	E. Definities	

1. Doel en opzet

Het doel van deze “code of practice” is informatie te verschaffen aan eigenaars en bedrijfsleiders van supermarkten en andere levensmiddelenwinkels betreffende de in hun winkel gebruikte koelsystemen en apparatuur. Praktische leidraden worden aangereikt voor de beoordeling van de voor- en nadelen van verschillende rendementsverhogende technologieën. Bovendien wordt een eenvoudige methode gegeven voor de berekening van het (jaarlijkse) energieverbruik van de koel- en vriesinstallatie. De noodzaak van dit document is erkend door verschillende winkelleigenaars die verstand hebben van de verkoop van levensmiddelen en niet van koeling.

Met het oog op de hoge energiekosten die gepaard gaan met het runnen van een supermarkt en gezien het feit dat meer dan de helft van deze kosten betrekking hebben op koeling, is het zeer belangrijk dat eigenaars en bedrijfsleiders van levensmiddelenzaken zich op de hoogte stellen van de mogelijkheden om het rendement te verhogen. Op deze manier kunnen zij de eigenschappen en kosten van verschillende ontwerpen vergelijken en op grond van kennis het voor hun bepaalde winkel meest geschikte systeem selecteren. Iedere kostenbesparing draagt immers direct bij tot een toename van de winst.

Eigenaars van levensmiddelenwinkels worden gestimuleerd om de in deze “code of practice” verschaft informatie door te geven aan hun technicus, ontwerper, apparatuurleverancier en installateur en hen vragen ervoor te zorgen dat het koelsysteem en/of de apparatuur die zij ontwerpen, leveren of installeren efficiënt en kostenbesparend is. Verder wordt een leidraad gepresenteerd voor het aanvragen van offertes. Wanneer verschillende offertes op deze manier worden aangevraagd, kan een vergelijking worden gemaakt inclusief de te verwachten “running costs”, naast de gebruikelijke vergelijking van de initiële kosten.

De namen van alle commercieel verkrijgbare producten, technologieën, methoden of procedures waarnaar in deze “code of practice” wordt verwezen zijn alleen ter illustratie en begeleiding. Alle verwijzingen naar enig in de handel zijnde product, technologie, methode of procedure mag niet worden geïnterpreteerd als een goedkeuring van het betreffende product of technologie. Omgekeerd betekent het niet dat bepaalde producten of technologieën die niet in deze “code of practice” worden genoemd worden verworpen of op enige wijze inferieur worden geacht.

Wereldwijd werken vele fabrikanten, ontwerpers, onderzoeks- en ontwikkelingsorganisaties aan de ontwikkeling van nieuwe producten en nieuwe technologieën ter verhoging van het rendement van koelsystemen. Het wordt aan de ervaring en kennis van de ontwerper en/of de installateur overgelaten om te bepalen welke technologie en welke producten het meest geschikt zijn voor een bepaald project.

2. Toepassingsgebied

1. Deze “code of practice” is van toepassing op levensmiddelenwinkels, supermarkten, warenhuizen en alle andere commerciële detailhandelsbedrijven die gekoelde en bevroren levensmiddelen en/of andere aan bederf onderhevige producten die gekoeld bewaard moeten worden verkopen.
2. Deze “code of practice” is van toepassing op het koelsysteem dat nodig is voor de werking van koelvitines en andere koelingen, inclusief koelcellen voor de tijdelijke opslag van aan bederf onderhevige koopwaren. De “code of practice” is niet van toepassing op koel- en airconditioningsystemen bedoeld voor het verschaffen van comfort aan mensen.
3. Deze “code of practice” is niet toegespitst op kleine winkels waar alleen op zichzelf staande koelvitines (“stekkerklare” vitrines) worden gebruikt.
4. Deze “code of practice” is niet van toepassing op seizoensgebonden of tijdelijke winkels die geen permanent geïnstalleerd koelsysteem hebben.

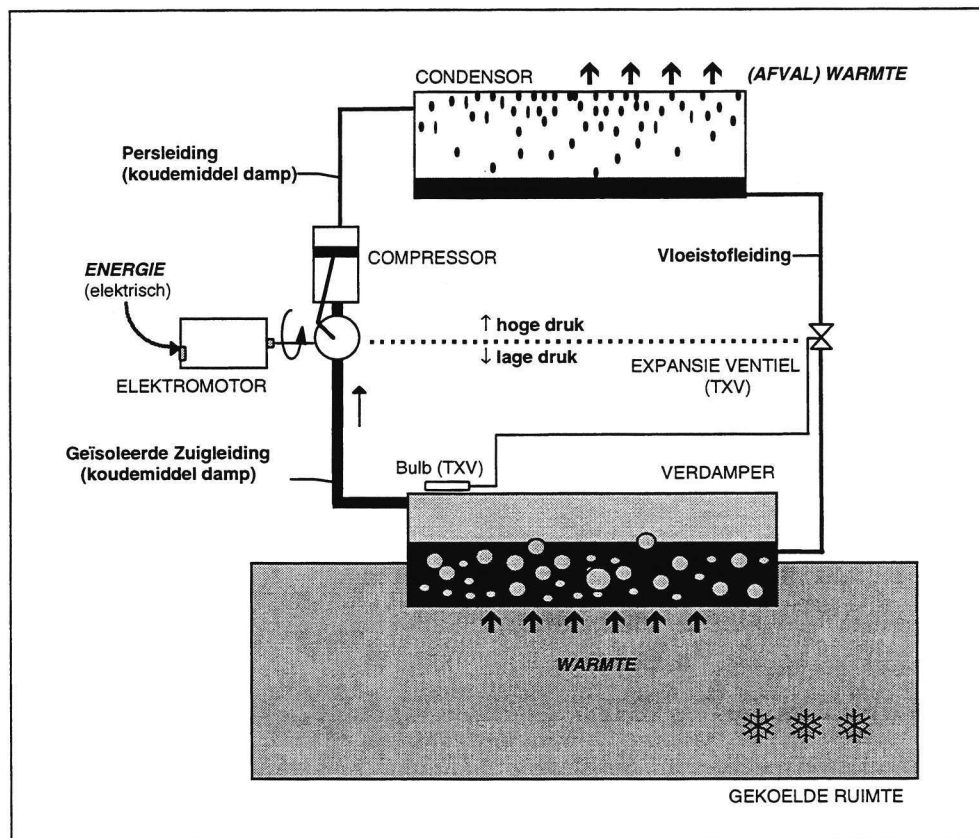
3. Koelsystemen en apparatuur voor levensmiddelenwinkels

3.1 Introductie koeltechniek voor niet - koeltechnici

Koelen of vriezen wordt vaak gezien als “het produceren van koude”. De koeltechniek wordt echter een stuk beter te begrijpen wanneer we uitgaan van de tegenovergestelde redenering, namelijk: “koelen of vriezen is het onttrekken van warmte”. Dus wanneer een koelcel gekoeld moet worden, moet in feite de warmte uit de koelcel verwijderd worden.

Een vloeistof heeft warmte nodig om te verdampen. Bij een sterke neiging tot verdampen, zal de vloeistof zelfs warmte onttrekken aan zijn omgeving om te kunnen verdampen. Voor iedereen bekend is het gevoel van koude, wanneer water van de huid verdampt na een duik in het zwembad.

Ditzelfde principe wordt door de koelmachine gebruikt om warmte te onttrekken, waarbij in plaats van water een “koudemiddel” vloeistof verdampst. Deze verdamping vindt plaats in de verdamper van de koelmachine.



Figuur 1 Principe werking van een (compressie) koelmachine.

De verdamper is uitgevoerd als warmtewisselaar. De belangrijkste functie hiervan is het koelen van de directe omgeving, zijnde de koelvitrites of de koelcellen. Door warmte te absorberen verdampt het koudemiddel bij een constante druk in de verdamper, en ontstaat koudemiddeldamp.

Het volgende belangrijke onderdeel, de compressor, heeft twee functies - het onttrekken van de in de verdamper geproduceerde damp, zodat de koelvloeistof binnen het systeem blijft circuleren, en het verhogen van de druk en de temperatuur van de koelmiddeldamp. Dit is arbeid en dus is toevoer van energie vereist voor het uitvoeren van deze arbeid. Koelcompressoren worden doorgaans aangedreven door elektromotoren, hetgeen betekent dat bij de werking van een koelsysteem elektrische energie wordt verbruikt.

De compressor pompt de koelmiddeldamp naar de condensor, die ook is uitgevoerd als warmtewisselaar. Hier condenseert de damp en wordt weer vloeistof, onder afgifte van warmte. Deze vloeistof staat echter nog onder door de compressor gegenereerde hoge druk.

Het laatste belangrijke onderdeel in het koelsysteem is de expansie-inrichting. Behalve in kleine op zichzelf staande vitrines is de expansie-inrichting in supermarktkoelsystemen meestal een thermostatische expansieventiel, kortweg TXV. In principe heeft het expansieventiel twee functies - het verlagen van de druk van het koudemiddel en het leveren van de benodigde hoeveelheid koudemiddel aan de verdamper.

De vier genoemde onderdelen (verdamper, compressor, condensor en expansieventiel) vormen de “koudemiddelkringloop”, waarin het koudemiddel circuleert. Het koudemiddel neemt warmte op in de verdamper, en geeft deze weer af in de condensor.

De werking van een supermarktkoelsysteem vanuit een ander perspectief wordt weergegeven in figuur 2. In deze figuur is alles gerelateerd aan de temperatuurschaal.

De vitrinetemperatuur, T_{vitrine} , of de temperatuur waarbij de voedingsmiddelen moeten worden bewaard wordt aangegeven. Het is de taak van het koelsysteem om deze temperatuur te onderhouden.

Natuurlijkerwijs verplaatst warmte zich van een hoger temperatuurniveau naar een lager temperatuurniveau. Daarom moet de temperatuur van de verdamper, $T_{\text{verd.}}$, lager zijn dan de temperatuur van de vitrine. Het temperatuurverschil tussen T_{vitrine} en $T_{\text{verd.}}$ wordt $\Delta T_{\text{verd.}}$ genoemd.

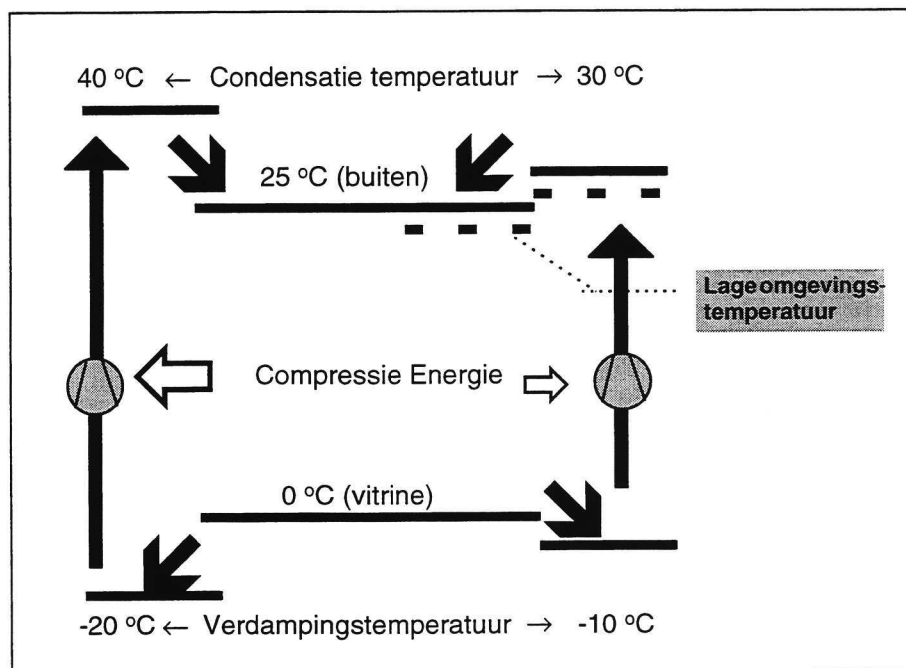
Dezelfde situatie doet zich voor bij de condensor. De condensatietemperatuur, $T_{\text{cond.}}$, moet hoger zijn dan de omgevingstemperatuur, $T_{\text{omg.}}$. Het temperatuurver-

schil wordt aangeduid met ΔT_{cond} . Het verschil tussen de condensor en de verdamp(er) is dat, terwijl de vitrinetemperatuur te allen tijde constant moet worden gehouden, de omgevingstemperatuur varieert.

De arbeid die nodig is voor het onderhouden van deze situatie bestaat uit het verpompen van de warmte vanaf het temperatuurniveau van de verdamp(er), T_{verd} , naar het temperatuurniveau van de condensor, T_{cond} . Het is voor de handliggend, dat het verpompen van de warmte van een lage naar een hoge temperatuur (dus tegen de natuurlijke stroomrichting in) energie kost: de energie die aan de compressor wordt toegevoerd. Ook zal duidelijk zijn dat naarmate de temperatuur“sprong” groter is, meer energie benodigd is.

De in de verdamp(er) geabsorbeerde hoeveelheid warmte wordt aangegeven als Q_{verd} , en de warmte-equivalent van de elektrische energie die nodig is voor het aandrijven van de compressor wordt aangeduid als Q_{compr} . De totale hoeveelheid warmte die moet worden afgegeven in de condensor is de som van deze twee waarden, $Q_{\text{verd}} + Q_{\text{compr}}$.

Uit het schema kan eenvoudig worden afgelezen dat bij een lage omgevingstemperatuur het verschil tussen de condensatietemperatuur en de verdampingstemperatuur kleiner wordt en dus minder energie nodig is om het systeem aan te drijven. Dit gegeven is de belangrijkste basis voor het terugdringen van het energieverbruik en dientengevolge het verhogen van het rendement van koelsystemen in supermarkten.



Figuur 2 De compressor als “pomp” om de warmte van een lage (verdampings) temperatuur naar een hoge (condensatie) temperatuur te pompen.

3.2 Koudemiddelen, directe en indirecte systemen

Het is nog niet lang geleden, dat als koudemiddel standaard CFK's werden toegepast. Inmiddels zijn CFK's verboden, vanwege het schadelijke effect ervan op de ozonlaag rond de aarde. De industrie biedt inmiddels vervangers aan, die minder schadelijk voor de ozonlaag zijn, maar nog wel een bijdrage leveren aan het broeikas-effect (de opwarming van de aarde).

In Nederland is het tot nu toe gebruikelijk om koel- en vriesinstallaties in supermarkten uit te voeren als "directe systemen". In directe systemen wordt het koudemiddel via een leidingwerk naar de koelmeubelen gebracht, om te verdampen in de verdamper van het meubel. Inmiddels worden in Nederland strenge wettelijke eisen gesteld aan de lekdichtheid van dergelijke installaties, om verlies van koudemiddel te voorkomen.

Als alternatief kan een indirect systeem worden overwogen. Hierin wordt in een compacte koelmachine (met een kleine koudemiddelinhoud) water of glycol koudgemaakt. De meubelen worden "indirect" gekoeld met het koude water of glycol.

Het meest toegepaste koudemiddel in supermarkttoeepassingen (R22) staat op de nominatie om in 2010/2015 verboden te worden, wellicht wordt het gebruik al veel eerder verboden. De supermarkteigenaar dient hier rekening mee te houden, en zou nu reeds een alternatief moeten kiezen, ofwel in een direct systeem ofwel in een indirect systeem.

3.3 Winkelindeling en selectie van koel- en vriesmeubelen

De benodigde modellen en aantallen koel- en vriesmeubelen in een levensmiddelenwinkel of supermarkt worden bepaald door de beschikbare ruimte en de verwachte verkoop van verschillende producten. Globaal bestaan er twee soorten meubelen: het zelfbedieningsmodel waar de producten door de klant uit het meubel worden gehaald en het bedieningsmodel (de verkoopvitrine), waar alleen personeel toegang heeft tot de uitgestalde voedingsmiddelen.

Binnen deze twee ruime categorieën bestaan er echter letterlijk honderden verschillende vormen, afmetingen en samenstellingen.

TNO definieert in het TNO Rapport R95-164 "*Energy Labeling of Supermarket Refrigerated Cabinets*" [4] een indeling van koel- en vriesmeubelen in 8 verschillende categorieën. Omdat elke categorie meubelen zowel in koel- als in vries uitvoering voorkomt, en bovendien kan voorkomen als "stekkerklaar" of als separaat meubel, ontstaan in totaal 32 categorieën. Twee extra categorieën zijn opgenomen voor gecombineerde koel- en vriesmeubelen, zodat het totaal op 34 categorieën uitkomt. Een beschrijving van deze categorieën is bijgevoegd in bijlage A.

3.3.1 Versafdeling

Voor het uitstallen van verse producten in supermarkten kunnen vitrines met een enkel schap of met meerdere schappen worden gebruikt. Deze kunnen langs wanden, rug-tegen-rug met andere vitrines of afzonderlijk met los aansluitende eindstukken worden geplaatst. De versafdeling bevindt zich doorgaans vlakbij de ingang, het eerste deel waar de klant komt.

Naast vitrines hebben supermarkten meestal ook een of meerdere koel- en vriescellen en een ruimte waar de versproducten worden bereid nodig. Idealiter wordt de temperatuur van de koelcellen op 3 tot 4 °C gehouden met een relatieve vochtigheid van minimaal 80% ter voorkoming van uitdroging. De gewenste temperatuur in de bereidingsruimte is ongeveer 10 - 15 °C.

3.3.2 Vlees en delicatessen

De vlees- en delicatessenvitrines kunnen een schap hebben, meerdere schappen, apart staan opgesteld voor zelfbediening of gesloten zijn met een of meerdere schappen voor bediening.

De vlees- en delicatessenafdeling bevindt zich doorgaans achterin de winkel, naast de vleesbereidingsruimte. Omdat schappen voor niet gekoelde producten meestal van voor naar achter lopen en klanten de gangpaden op en neer lopen, worden zij tijdens het boodschappen doen vele malen met de uitgestalde vleesproducten en delicatessen geconfronteerd. Voor de verkoop van een groot assortiment verpakte vleesproducten en delicatessen verschaffen vitrines met meerdere schappen maximale uitstallingsruimte per unitlengte. Onverpakt vlees en delicatessen bevinden zich standaard in gesloten vitrines met een glazen voorkant waar personeel achter de toonbank staat om de klanten te bedienen.

De koelcellen voor vlees dienen op - 2 tot 0 °C te worden gehouden met een minimale relatieve vochtigheid van 80% ter voorkoming van uitdroging. De temperatuur van de vleesbereidingsruimte moet ongeveer 10 - 15 °C zijn met een vochtigheidsgraad die laag genoeg is om condensatie op het in de koelcel opgeslagen vlees te voorkomen.

3.3.3 Melkproducten

De melkproductenafdeling heeft standaard een koelcel voor opslag. Voor uitstalling worden meestal open en gesloten vitrines met meerdere schappen gebruikt. In Nederland worden voor uitstalling van zuivelproducten vrijwel altijd schappenkasten gebruikt. Voor de “snellopende producten” (melk, yoghurt e.d.) worden “roll-in” meubelen gebruikt: meubelen met een wegklapbaar front, waar rolcontai-

ners ingereeden kunnen worden. In het buitenland zijn ook concepten in gebruik, waar de belading “van achteraf” plaatsvindt. De koelcel bevindt zich dan direct achter de achterwandloze vitrines. Deze opstelling verschaft direct toegang vanuit de koelruimte naar de schappen om het aanvullen en vervangen van producten te vergemakkelijken.

De koelcel voor melkproducten dient op circa 1 - 3 °C te worden gehouden. Met het oog op de gewicht- en laadeisen moeten het laadplatform, de koelcel en de vitrines voor melkproducten direct en gemakkelijk toegankelijk zijn.

3.3.4 Vis

Bij bedieningsvitrines waar verse onverpakte vis op ijs ligt uitgesteld zijn de wegvloeiende vloeistoffen vaak nogal bijtend. Daarom moeten de interne onderdelen van deze vitrines zijn uitgevoerd in roestvrij staal dat bestand is tegen inbijten.

3.3.5 Brood en gebak

Met het oog op het grote assortiment brood- en gebakproducten, wordt het model vitrine meestal op basis van verkoopoverwegingen geselecteerd. Afhankelijk van het product varieert de uitstaltemperatuur van diepvries tot niet-gekoelde omgevingstemperatuur.

3.3.6 Diepvriesproducten en ijs

Voor de verkoop van diepvriesproducten en ijs worden doorgaans vrieskisten en open of gesloten meubelen met meerdere schappen gebruikt.

De vrieskisten, alleenstaande of rug-tegen-rug apart opgestelde modellen, geven lage bedrijfskosten en een goede opslagmogelijkheid, maar het uitstaloppervlak is beperkt omdat alleen de bovenste laag zichtbaar is. De open meubelen met meerdere schappen hebben een groter uitstaloppervlak voor verschillende producten, maar de bedrijfskosten zijn hoger. Dit type meubel wordt in Nederland vrijwel niet toegepast. Hiertussen zitten de gesloten vitrines met meerdere schappen (glasdeurkasten). Het energieverbruik van deze vitrines is lager dan dat van de open vitrines, maar de producten zijn beperkt zichtbaar achter de deuren. Bovendien vraagt een gesloten vitrine een breder gangpad.

De diepvriesafdeling moet zich bevinden op een plaats waar zoveel mogelijk klanten komen en goed in het oog liggen. Er moet echter op worden gelet dat deze niet direct tegenover andere gekoelde vitrines aan hetzelfde gangpad wordt geplaatst, tenzij maatregelen zijn genomen ter voorkoming van een onaangenaam

koud gangpad. De ijsvitrites moeten bij voorkeur bij de uitgang en de kassa's worden geplaatst om de tijd dat het ijs niet wordt gekoeld tot het minimum te beperken.

Als laagtemperatuurvitrites rug-tegen-rug of tegen een muur van een laagtemperatuurwopslagruimte worden opgesteld kan de lucht tussen of achter de vitrites stil komen te staan en rijp of ijsvorming op de buitenste achterpanelen veroorzaken. Als een dergelijke opstelling niet voorkomen kan worden, moet de luchtcirculatie op natuurlijke of kunstmatige wijze op gang worden gehouden.

De vriescel voor opslag van diepvriesproducten en ijs dient zodanig te worden ontworpen dat een temperatuur van -25 °C kan worden aangehouden.

3.4 Afspraken over producttemperaturen

De winkelier staat onder een toenemende druk (HACCP, Keuringsdienst van waren, bewuste consument) om temperatuurgevoelige producten bij de juiste temperatuur te bewaren en uit te stallen. De winkelier is echter geheel afhankelijk van de koeltechnisch installateur, om zijn verantwoordelijkheid waar te kunnen maken. Het is daarom zeer zinvol, om niet te zeggen essentieel, wanneer de winkelier afspraken met de installateur maakt over de prestaties die hij mag verwachten van zijn koel- en vriesinstallatie.

De beste manier om de prestaties van koel- en vriesmeubelen éénduidig vast te leggen, is door gebruik te maken van de daarvoor bedoelde Europese standaard, de norm EN441. In deze norm zijn afspraken vastgelegd over producttemperaturen in koel- en vriesmeubelen, waaraan eenvoudig gerefereerd kan worden (tabel 1) door middel van een cijfer/lettercombinatie. De aangegeven temperaturen zijn producttemperaturen (kern van het product), die gehaald moeten worden bij een omgevingstemperatuur (rond het meubel) van 25 °C en een luchtvochtigheid van 60%.

Tabel 1 *Temperatuurclassificatie volgens Europese norm EN441.*

Klasse	Hoogste temperatuur van het warmste product lager dan (°C)	Laagste temperatuur van het koudste product hoger dan (°C)	Laagste temperatuur van het warmste product ligt beneden (°C)
3L1	-15	-	-18
3L2	-12	-	-18
3M1	+5	-1	-
3M2	+7	-1	-
3H	+10	+1	-
3S	Speciale classificatie		

De winkelier kan aldus bijvoorbeeld specificeren, dat hij een schappenkast wil hebben die voldoet aan temperatuurklasse 3M2 - hetgeen inhoudt dat de producttemperaturen overal in het meubel tussen -1 °C en +7 °C moeten liggen.

3.5 Afspraken betreffende werkingsgebied

Het is voor de winkelier sterk aan te bevelen, om afspraken te maken met de installateur over het werkingsgebied van de koel- en vriesinstallatie, ofwel “tot bij welke buitentemperatuur de prestaties gegarandeerd worden”. De keuze is daarbij aan de winkelier, waarbij bedacht moet worden dat een installatie die nog gegarandeerd goed presteert¹ bij een buitentemperatuur van +32 °C “zwaarder” - en dus duurder - zal zijn dan een installatie waarvan de werking wordt gegarandeerd tot een buitentemperatuur van +28 °C. Gangbaar zijn waarden van +30 °C of +32 °C. Daarbij moet opgemerkt worden, dat deze waarden - in de huidige praktijk - niet gepresenteerd worden als gegarandeerd werkingsgebied, maar opgegeven worden als de temperatuur voor de aangezogen buitenlucht ten behoeve van de condensors.

In tabel 2 is het voorkomen van bepaalde buitentemperaturen in uren per jaar weergegeven voor het klimatologische referentiejaar '64/'65. Op basis van deze gegevens is een keuze voor +32 °C veilig te noemen (gelet op HACCP). Hogere temperaturen kunnen natuurlijk voorkomen, maar worden dan bewust aangemerkt als “overschrijdingsuren” zoals dat ook in de bouwwereld (binnenklimaat) gebruikelijk is.

Tabel 2 Uren per jaar in temperatuurvakken (referentiejaar '64/'65).

Temperatuurvak	Uren per jaar	In %
Hoger dan 28 °C	31	0,35
Hoger dan 28,5 °C	26	0,30
Hoger dan 29 °C	21	0,24
Hoger dan 29,5 °C	19	0,22
Hoger dan 30 °C	13	0,15
Hoger dan 30,5 °C	10	0,11
Hoger dan 31 °C	6	0,07
Hoger dan 31,5 °C	1	0,01
Hoger dan 32 °C	0	0

¹ Onder “goede prestatie” wordt hier verstaan het voldoen aan de overeengekomen bewaartemperaturen van producten (zie § 3.4).

4. Energie efficiency bij koeling in supermarkten

4.1 Elektriciteitsgebruik ten behoeve van koeling in supermarkten

De verdeling van het elektriciteitsgebruik in een gemiddelde supermarkt (gebaseerd op door Hussmann Corp. gepubliceerde gegevens, U.S.A.) wordt weergegeven in tabel 3 Afgezien van het energiegebruik voor airconditioning (4%), en het aanwenden van elektrische energie voor verwarming (8%), is deze verdeling ook goed bruikbaar voor de Nederlandse situatie.

Tabel 3 *Elektriciteitsverbruik in supermarkten.*

Verlichting		25%
Klimaatregeling totaal		17%
Verwarming	8%	
Airconditioning	4%	
Luchtbehandeling	5%	
Koeling totaal		54%
Vries systeem	21%	
Koelsysteem	18%	
Meubelventilatoren en verlichting	9%	
Anticondensverwarming voor meubelen	6%	
Diversen		4%
Totaal		100%

De verschillende posten van het elektriciteitsverbruik in de supermarkt zijn niet volledig onafhankelijk van elkaar. Wanneer de winkel in de zomer koel wordt gehouden met behulp van airconditioning, zullen de koel- en vriesmeubelen hun taak makkelijker (en dus met minder energie) kunnen uitvoeren. In de winter zal de warmte die door de koel- en vriesmeubelen uit de winkel wordt opgenomen, door de verwarmingsinstallatie aangevuld moeten worden. In het kader van deze “code of practice” wordt echter niet verder op deze afhankelijkheden ingegaan.

Binnen het gebruik ten behoeve van koeling in supermarkten, welke meestal plaatsvindt met behulp van apart opgestelde systemen, is de verdeling van het energiegebruik bij vitrines en koelsystemen als volgt:

Energiegebruik voor meubelen (direct)	28%
Energiegebruik voor koelsystemen	72%
Totaal energiegebruik koelen en vriezen	100%

Energiebesparing op koelen en vriezen in de supermarkt - of detailhandel - begint bij het beperken van de hoeveelheid benodigde koude. Dit wordt bereikt door zuinige koel- en vriesmeubelen te kiezen, wat wordt vergemakkelijkt door gebruik te maken van het energie-label (zie § 4.2).

Wanneer de “koudebehoefte” is geminimaliseerd, komt de volgende stap: het zo efficiënt mogelijk produceren van de benodigde koude. Dit komt vanaf § 4.3 aan de orde.

4.2 Energetisch rendement van het koel- of vriesmeubel

Vanuit het koelsysteem gezien bestaan er twee soorten meubelen:

- het onafhankelijke model (“stekkerklaar”) waarbij het hele koelsysteem in het meubel is ingebouwd en de tijdens de koelcyclus gegenereerde warmte wordt afgegeven aan de binnenlucht (in de winkel),
- het apart geplaatste model (“separaat”), waarbij het koelsysteem afzonderlijk van de meubelen in een machinekamer is opgesteld en de tijdens de cyclus gegenereerde warmte naar buiten wordt afgevoerd.

Sommige technologieën met betrekking tot koel- en vriesmeubelen kunnen worden gebruikt bij het verhogen van het rendement, te weten:

- Verbeterde in de vitrine ingebouwde verlichting.
- Verdamperventilatiemotoren met een hoog rendement.
- Verbeterd luchtgordijn bij open vitrines.
- Verbeterde deur bij gesloten vitrines.
- Anticondenswarmteregeling.
- Elektrische ontdooiregeling.

Men moet zich echter bewust zijn van het feit dat de mogelijkheden van een vitrine, inclusief de energieverbruikende apparatuur en accessoires, geïntegreerd zijn in de vitrine en dat de eigenaar of de bedrijfsleider van de supermarkt over het algemeen niet in de gelegenheid is om op maat gemaakte vitrines te kopen. De term ‘op maat gemaakt’ refereert aan basismogelijkheden en geen uiterlijkheden, zoals de kleur of de vorm van de stootbanden, enz. Met de eventuele uitzondering van grote supermarktketens die vitrines in grote aantallen kopen, moeten kleinere winkels artikelen uit de catalogus kopen, zijnde de standaard modellen van de vitrinefabrikanten.

Bovendien selecteert een nieuwe winkel vitrines doorgaans op verkoop en niet op technische specificaties. Voor de verkopers is een verkooptoenname veel belangrijker dan energiezuinigheid.

Het energie labelling systeem voor koel- en vriesmeubelen, dat door TNO wordt voorgestaan, geeft voldoende leidraad voor het selecteren van een rendabele koel- of vriesmeubel, zonder de noodzaak om “in de techniek te duiken”. Door middel

van één letter - de energie efficiëntie klasse - (A ... G) wordt aangeduid of een meubel energiezuinig (klasse "A") is dan wel inefficiënt (klasse "G").

Het energielabel geeft een "totaal-oordeel" over het meubel; dat wil zeggen dat zowel het elektrisch verbruik van meubelverlichting, meubelventilatoren, rand- of ruitverwarming en ontdooiing wordt beschouwd als ook de hoeveelheid koude die het meubel "vraagt" van de koelinstallatie. In tabel 4 is de betekenis van de letters, gebruikt bij labelling weergegeven in termen van energiegebruik ten opzichte van een gemiddeld meubel.

Tabel 4 Betekenis van energie-efficiëntie klassen in het labelling systeem.

Klasse	Energiegebruik ten opzichte van gemiddelde
A	< 55%
B	55 - 75%
C	75 - 90%
D	90 - 100%
E	100 - 110%
F	110 - 125%
G	≥ 125%

Energielabels zijn niet zichtbaar aanwezig op de koel- en vriesmeubelen. TNO geeft echter een lijst uit waarop meubelen vermeld zijn met een goede energieprestatie (labelling klassen A en B), de zogenaamde "Stimeck lijst". Deze lijst is een goed hulpmiddel bij de keuze van koel- en vriesmeubelen met een goed energetisch rendement.

4.3 Rendement van het koelsysteem

Het rendement van het koelsysteem is het totale resultaat van het rendement van de onderdelen en het ontwerp van het systeem. De zwakke schakel is meestal het systeemontwerp, omdat in veel gevallen als gevolg van tijdlimieten en kostenbeperkingen de zogenaamde 'standaardontwerpen' worden toegepast die wel functioneren, maar misschien niet optimaal of zelfs niet geschikt zijn voor een bepaalde winkel.

De belangrijkste onderdelen van koelsystemen voor levensmiddelenwinkels zijn:

- een of meerdere koelvitries met ieder een eigen verdamper, expansie-inrichting en luchtcirculatieventilator(en),
- de compressor(en) die kan (kunnen) bestaan uit een enkele compressor of meerdere in rekvorm gemonteerde parallelle compressoren van uniforme of verschillende afmetingen, gewoonlijk geplaatst in een machinekamer apart van de vitrines, en,
- de via de buitenlucht, verdamping of watergekoelde condensor.

Daarom zijn er, buiten de vitrine die de verdamper en de expansie-inrichting bevat, slechts twee basisonderdelen, de compressor en de condensor. Het rendement van de compressor is belangrijk, dat van de condensor niet¹. Een condensor is niets meer dan een warmtewisselaar waarvan honderden verschillende ontwerpen bij fabrikanten verkrijgbaar zijn. Het is de verantwoordelijkheid van de systeemontwerper om de meest geschikte samenstelling voor een bepaald project te kiezen. Condensatievoorwaarden en condensatierendement zijn daarom geïntegreerd in het systeemontwerp.

Compressoren daarentegen vormen het hart van het koelsysteem. Het meest toegepaste model in levensmiddelenwinkels is de zuigercompressor in een luchtdichte (hermetische) of semi-hermetische configuratie.

Rendementsverhoging van compressoren is het resultaat van de marktvraag en de concurrentie tussen de grootste compressorfabrikanten. Een rendabele zuigercompressor, die voorzien is van een verbeterde klep en een geoptimaliseerde hoogrendementsmotor heeft een energiegebruik dat ongeveer 10% lager ligt (prijs ongeveer 8% hoger) dan bij het standaardmodel met dezelfde capaciteit. Luchtdichte scroll- en schroefcompressoren met een variabele capaciteit, beide toegepast in airconditioningsystemen, worden ook steeds vaker gebruikt voor supermarktkoeling. Beide modellen zijn inherent rendabeler dan de zuigercompressor - althans bij "vullast".

Op de eerder genoemde "Stimeck lijst", die door TNO wordt bijgehouden, is ook een sectie opgenomen waarin compressoren met een goed energetisch rendement zijn opgenomen. Deze lijst is een goed hulpmiddel bij de selectie van energiezuinige compressoren voor supermarkt-toepassingen.

De werkelijke mogelijkheden voor verbetering van het rendement liggen echter op het gebied van systeemontwerp. Er bestaan vele technieken waarvan er sommige beproefd zijn en waarover veel documentatie bestaat en andere relatief nieuw zijn.

In hoofdstuk 5 worden vijftien rendementsverhogende technologieën besproken. De toepasbaarheid onder verschillende bedrijfsomstandigheden wordt uitgebreid beschreven samen met de voor- en nadelen. Ook de berekende mogelijke energiebesparing wordt weergegeven. In hoofdstuk 6 worden een vergelijking van de verschillende technologieën en aanbevelingen met betrekking tot de mogelijke combinaties van deze technologieën in tabelvorm gegeven.

¹ Alhoewel het "rendement" van een condensor geen belangrijk begrip is, is de keuze van de juiste grootte van de condensor wel essentieel bij het ontwerpen van een energiezuinige installatie.

5. Rendementsverhogende technologieën

5.1 Variabele condensordruk

Oorspronkelijk werden koelsystemen ontworpen om het hele jaar door te werken met een constante condensatietemperatuur die hoog genoeg was om op de warmste dag van het jaar condensatie te bewerkstelligen, dat wil zeggen een natuurlijke warmtestroom te bewerkstelligen van de condensor naar de omgeving. Deze gewoonte resulteerde in een zeer onrendabele manier van werken.

Omdat het energiegebruik van de compressor gerelateerd is aan het verschil tussen condensatie- en verdampingstemperatuur, resulteert iedere poging om de condensatietemperatuur te verlagen of de verdampingstemperatuur te verhogen in een lager energieverbruik. De verdampingstemperatuur staat echter min of meer vast. Deze wordt bepaald door de temperatuur waarbij de gekoelde en/of diepgevroren producten moeten worden opgeslagen. Daarom kan de verdampingstemperatuur niet worden gewijzigd, tenzij deze buitensporig laag is ingesteld. Daarentegen kan en moet de condensatietemperatuur worden verlaagd voorzover de omstandigheden dit toelaten.

Nogmaals kijkend naar figuur 2 kan worden geconcludeerd dat het energieverbruik van de compressor kan worden verlaagd door ΔT_{verd} en ΔT_{cond} , de temperatuurverschillen bij de verdamper en de condensor, te verlagen. Dit is waar, maar er zijn enkele praktische beperkingen. Als het temperatuurverschil wordt verkleind, dan moet de warmtewisselaar worden vergroot om hetzelfde warmtewisselvermogen te behouden. Met het oog op de afmeting van de verdamper op de bodem van de vitrine bestaan er ruimtebeperkingen en zowel met betrekking tot de verdamper als tot de condensor bestaan er financiële beperkingen. Een grotere warmtewisselaar is duurder.

Behalve bovengenoemde beperkingen dient men ook te bedenken dat ΔT_{verd} en ΔT_{cond} tussen de 5 en 10 K liggen, terwijl het verschil tussen de condensatie- en verdampingstemperaturen tussen 30 en 60 K liggen. Onder normale bedrijfsomstandigheden zou een reductie van ΔT_{verd} van 10%, welke overigens moeilijk te bereiken is, een reductie van slechts 1% in het energieverbruik van de compressor opleveren. Daarom is de meest praktische en meest kostenbesparende maatregel voor het verlagen van het energieverbruik het laten variëren van de condensatietemperatuur met de omgevingstemperatuur.

Variabele condensorregeling¹ die de condensatietemperatuur laat variëren met veranderende omgevingsomstandigheden is een beproefde technologie waarover

¹ In de koeltechniek wordt doorgaans gesproken over condensatiedruk in plaats van condensatietemperatuur. Door een éénduidige relatie tussen druk en temperatuur (afhankelijk van het koudemidde) is dit in feite hetzelfde.

veel documentatie bestaat. Het zou op alle nieuwe installaties moeten worden toegepast en het kan als modificatie ook op bestaande installaties worden geïnstalleerd. Er bestaan echter een aantal problemen die de implementatie bij bestaande systemen kunnen belemmeren:

- bij veel condensoren kan de variabele condensordruk niet gemakkelijk worden geïnstalleerd;
- veel expansieventielen op huidige systemen kunnen geen variërende drukwaarden aan;
- de kans op gasvorming in de vloeistofleiding bij de inlaat van de expansieventiel wordt groter;
- ontdooisystemen met heet gas moeten mogelijk worden aangepast; en,
- warmteterugwinning is misschien niet meer mogelijk omdat er minder warmte wordt geproduceerd.

Al deze problemen kunnen echter op verschillende manieren worden opgelost. Het is bewezen dat zelfs als een systeem met variabele condensordruk iets duurder is dan een systeem zonder, de voordelen ontegenzeggelijk opwegen tegen de nadelen. Bijvoorbeeld, de genoemde warmteterugwinning werd oorspronkelijk beschouwd als afvalrecycling. Variabele condensordrukregeling zou deze verspilling eenvoudigweg opheffen, zodat er niets te recyclen valt. Bovendien is het veel goedkoper warmte te produceren met een gasboiler in plaats van met de koelcompressor.

Ervaring met bestaande systemen die met variabele condensordruk werken geven aan dat, afhankelijk van het plaatselijke klimaat, de toepassing van deze technologie het energieverbruik van koelsystemen tot 40% kan terugdringen. Om de bovengenoemde problemen op te lossen, moet het koelsysteem op enkele aspecten worden aangepast om de mogelijke voordelen van variabele condensordruk optimaal te benutten. De in paragrafen 5.2 en 5.6 besproken maatregelen vallen onder deze categorie.

5.2 Verhoging van de vloeistofdruk

Een bron van inefficiëntie in supermarktkoelsystemen is het ‘flashen’ van koelvloeistof in de vloeistofleiding tussen de condensor en het expansieventiel. ‘Flashing’ is de ongecontroleerde vorming van dampbellen in de vloeistof.

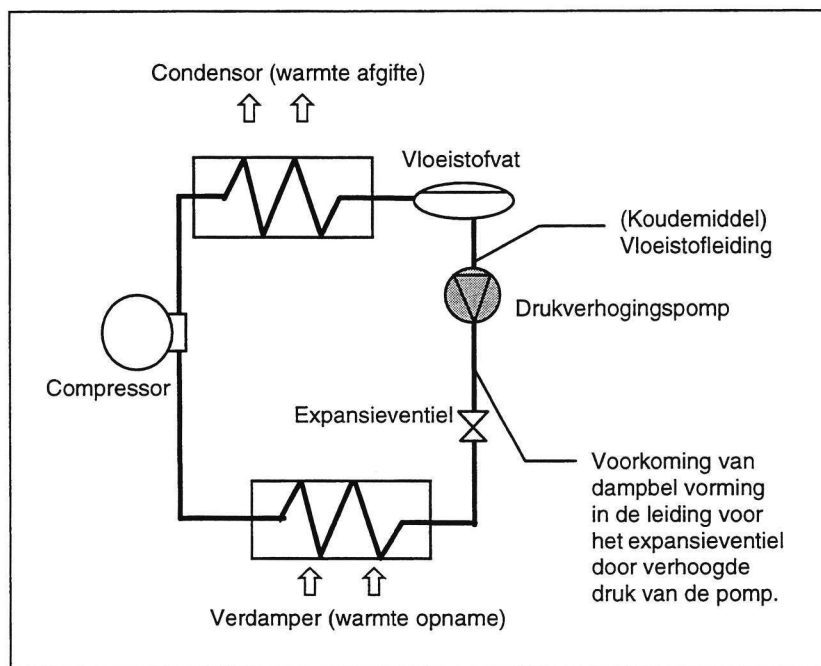
Bij alle praktische doeleinden is flashing onvermijdelijk, omdat de koelvloeistof in het vloeistofreservoir op verzadigingstemperatuur is en alle extra toegevoegde warmte verdamping veroorzaakt. Een van de redenen is dat de vloeistofleiding meestal niet geïsoleerd is, zodat warmte gemakkelijk wordt opgenomen via het gedeelte van de leiding dat door de winkel loopt. Een andere reden is dat door de fysieke afstand tussen de machinekamer, waar het vloeistofreservoir zich doorgaans bevindt, en de vitrines de vloeistofleidingen 70 m lang kunnen zijn. In zulke lange leidingen ontstaat er een aanzienlijke drukval en als de druk wordt verlaagd

verdampt de vloeistof. Men kan stellen dat in een goed ontworpen systeem flashing niet mag voorkomen, en dit is waar, maar er bestaan maar weinig echt goed ontworpen systemen.

Flashing heeft twee nadelen:

1. Expansieventielen zijn bedoeld om met vloeistoffen te werken en de afmetingen zijn gebaseerd op de aanname dat pure vloeistoffen worden toegevoerd. Damp bij de inlaat van de expansieventiel veroorzaakt een instabiele klepwerking, waardoor de verdampertemperaturen gaan variëren en de capaciteit wordt verminderd.
2. De compressor moet alle circulerende damp weer comprimeren, ongeacht of de damp in de verdamper of elders in het systeem wordt gegenereerd. Omdat verdamping alleen nuttig is in de verdamper, wordt door flashing de capaciteit gereduceerd en de bedrijfstijd van de compressor verlengd, hetgeen tevens het rendement verlaagt.

Door toepassing van de vloeistofdrukverhogingstechnologie wordt het flashen aanzienlijk verminderd en in de meeste gevallen zelfs voorkomen. Het hulpmiddel is een kleine magnetisch gekoppelde centrifugaalpomp die bij de uitlaat van het vloeistofreservoir wordt gemonteerd, zie figuur 3. Het doel van deze pomp is om de druk van de koudemiddeelvloeistof te verhogen zonder dat de temperatuur toeneemt. De vloeistofdrukverhogingspomp kan in nieuwe installaties worden toegepast en tevens als modificatie worden geïnstalleerd. In de praktijk zal de pomp met de compressor(en) aan- en uit worden geschakeld.



Figuur 3 Verhoging van de vloeistofdruk voor het expansieventiel - ter voorkoming van "flashing"- door middel van een vloeistofpomp.

De technologie van de vloeistofdrukverhogingspomp, gepatenteerd door de uitvinder, Robert E. Hyde, is te koop bij Hy-Save Inc. in Portland, Oregon, USA, en via dealers en distributeurs. De pomp wordt in zes verschillende maten geproduceerd met een koelvermogen tussen 20 en 420 kW.

Als gevolg van het uitbannen van flashing in de vloeistofleiding mag een reductie van het energiegebruik door de compressor van 4 tot 8% worden verwacht. Voor modificatietoepassingen is de besparing meer afhankelijk van de bedrijfsomstandigheden van het systeem dan van het installeren van de pomp. In een goed aangelegd en goed onderhouden systeem zou de besparing te verwaarlozen, praktisch nul, zijn, terwijl in een slecht functionerend systeem deze maximaal ongeveer 12% kan bedragen.

Vanuit het oogpunt van een hoger systeemrendement is de belangrijkere eigenschap van de pompen echter dat zij het mogelijk maken met een lagere condensatiedruk te werken. Met de pomp in het systeem mag de condensatietemperatuur variëren met de omgevingstemperatuur, hetgeen resulteert in een lagere druk dan de ontwerpcondensatiedruk in verhouding tot de buitentemperatuur. Vervolgens geeft een verlaagde condensatiedruk een verlaging van de drukverhouding van de afvoer- en zuigdruk die de compressor moet overwinnen. Omdat het energieverbruik van de compressor is gerelateerd aan de drukverhouding, hebben lagere drukverhoudingen een lager energieverbruik tot gevolg.

Afhankelijk van het ontwerp en de samenstelling van het koelsysteem, het plaatselijke klimaat en vele andere factoren, zou een combinatie van variabele condensatiedrukken en de vloeistofdrukverhogingspomp het energieverbruik met ongeveer 15 tot 35% kunnen terugdringen.

Het in Nederland bekende Ernvix systeem is iets gecompliceerder en waarschijnlijk duurder dan het Hy-Save systeem. In alle praktische toepassingen werkt het hetzelfde, maar het maakt gebruik van een pomp met variabele snelheden en naast de pomp wordt ook gebruik gemaakt van TXV onderkoeling net voor de pomp.

Met vloeistofdrukverhoging concurrerende technologieën worden in paragrafen 5.3 tot en met 5.7 besproken.

5.3 Interne onderkoeling

Deze technologie wordt ook 'hercondensatie van de koelvloeistof' genoemd, maar is waarschijnlijk beter bekend onder de handelsnaam 'Terminator technologie'. De naam 'Terminator' werd verzonden door het niet meer bestaande Canadese bedrijf Thermco International om de door hun geproduceerde warmtewisselaar te promoten. Wij gebruiken liever de algemene term 'interne onderkoeling', omdat de inrichting de interne energie van het koelsysteem gebruikt om de vloeistof tot of

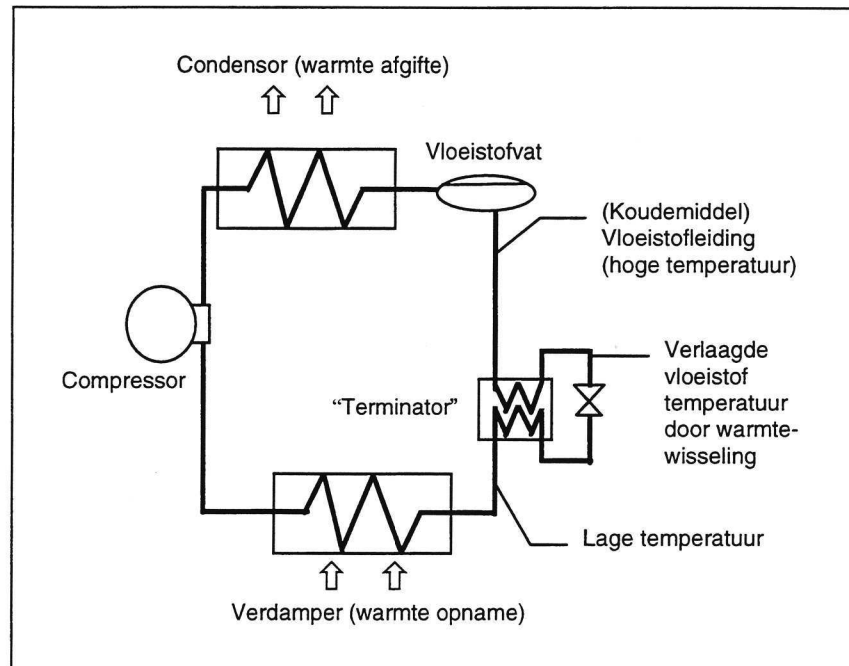
onder de verzadigingstemperatuur te koelen. In figuur 4 wordt de inrichting met de leidingaansluitingen schematisch weergegeven.

Oorspronkelijk is de inrichting ongeveer tien jaar geleden door Jerry W. Nivens, een constructeur van koelsystemen in New Mexico, VS, uitgevonden. Zijn oorspronkelijke doel was het koelvermogen van koelsystemen in levensmiddelenwinkels met te kleine condensers te verhogen. Tijdens de zomermaanden, als de buitentemperatuur 36 °C tot 38 °C was, konden deze systemen niet naar behoren functioneren. Energiebesparing was niet aan de orde en deze eigenschap van het hulpmiddel was niet voorzien.

De Terminator bewerkstelligt ongeveer hetzelfde eindresultaat als verhoging van de vloeistofdruk (§ 5.2), maar werkt anders. Het doel van beide technologieën is het garanderen van de toevoer van een dampvrije vloeistof naar het expansieventiel. Terwijl bij vloeistofdrukverhoging de druk in de vloeistofleiding wordt verhoogd, zodat geen damp kan worden gevormd, condenseert de Terminator alle eventueel aanwezige damp opnieuw en voert pure vloeistof aan het expansieventiel toe.

Dampbellen die in de vloeistofleiding terechtkomen en de Terminator binnenkomen geven hun warmte af aan de veel koudere omgeving en condenseren weer tot vloeistof. De warmtewisseling vindt deels plaats via de wand van de rechte pijp die de uitgezette vloeistof vervoert en door het vat van de Terminator loopt en deels via de buitenwand van het vat, omdat de inrichting is geïnstalleerd in de luchtstroom die door de verdamper wordt gekoeld. De warmte-overdracht wordt bevorderd door zeer grote turbulentie binnen het verdampingsdeel van het vat.

Een kleiner deel van het vat is door een koperwollen tussenstuk afgescheiden van het verdamperdeel dat dient als een buffer tussen de twee delen om de turbulentie te dempen, terwijl tevens het warmtewisselingsoppervlak wordt vergroot.



Figuur 4 Verlaging van de vloeistoftemperatuur voor het expansieventiel - ter voorkoming van “flashing” - door middel van interne onderkoeling.

Naast de mogelijkheid tot het terugdringen van het energieverbruik, kan het systeem met behulp van de Terminator-technologie met een kritisch lage hoeveelheid koudemiddel functioneren. Het is bewezen dat een met Terminators uitgerust systeem naar tevredenheid kan functioneren met 30 tot 35% minder koudemiddel dan wat normaal nodig zou zijn voor hetzelfde systeem. Dit is een belangrijk voordeel, omdat hiermee de bedrijfskosten aanzienlijk worden gereduceerd. Ook omdat het systeem met een kritische hoeveelheid functioneert, wordt lekkage veel eerder opgemerkt dan bij normale hoeveelheden. De andere rendementsverhogende technologie waarvan bekend is dat het functioneert met minder koelmiddel is de in paragraaf 5.6 besproken Enviroguard-technologie.

Om de Terminator-technologie in perspectief te zetten, dient te worden opgemerkt dat er een paar andere gepatenteerde hulpmiddelen bestaan. Dit zijn warmtewisselaar/nakoelcombinaties die op basis van hetzelfde principe als de Terminator werken. Door het gebrek aan publiciteit hebben deze andere hulpmiddelen echter geen algemene bekendheid gekregen.

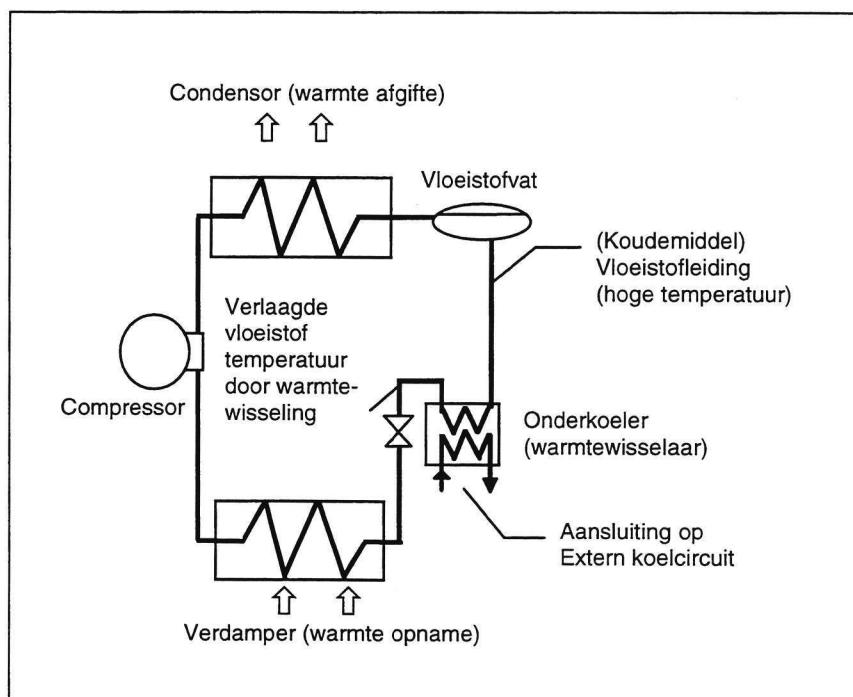
Een hulpmiddel dat algemeen bekend had kunnen zijn omdat het een standaard catalogusartikel is, is de door Alco Controls uit St. Louis, Missouri, VS, een dochter van Emerson Electric Company geproduceerde ‘ALLS’. Zij noemen het de ‘Vloeistofleidingstabilisator’. Dit hulpmiddel wordt niet vaak toegepast en menig ontwerper en installateur weet niet eens dat het bestaat.

5.4 Mechanische onderkoeling

Bij mechanische onderkoeling wordt gebruik gemaakt van een klein apart koelcircuit dat onafhankelijk is van het hoofdsysteem en een warmtewisselaar als verdamper. Aan de andere kant van de warmtewisselaar bevindt zich de condensatie van het hoofdsysteem. In figuur 5 worden de leidingen schematisch weergegeven.

In bestaande supermarktoepassingen wordt bij mechanische onderkoeling standaard gebruik gemaakt van de overcapaciteit van de middentemperatuur- of airconditioningsystemen voor het nakoelen van het koelmiddel in het lagetemperatuursysteem van de condensatietemperatuur van ongeveer 40 °C tot ongeveer 10 °C.

De mogelijkheid van rendementsverhoging doet zich bij mechanische onderkoeling vooral voor bij een hoge omgevingstemperatuur. Het is ideaal in gebieden met een relatief constante en hoge omgevingstemperatuur, zoals bijvoorbeeld in het zuidwesten van de Verenigde Staten en Spanje. Afhankelijk van het ontwerp kan de toepassing van mechanische onderkoeling het koelvermogen met 30 tot 50% verhogen en tegelijkertijd het elektriciteitsverbruik met 30% verlagen. In Nederland, waar de zomers niet uitzonderlijk warm zijn, zouden andere maatregelen echter meer geschikt zijn.



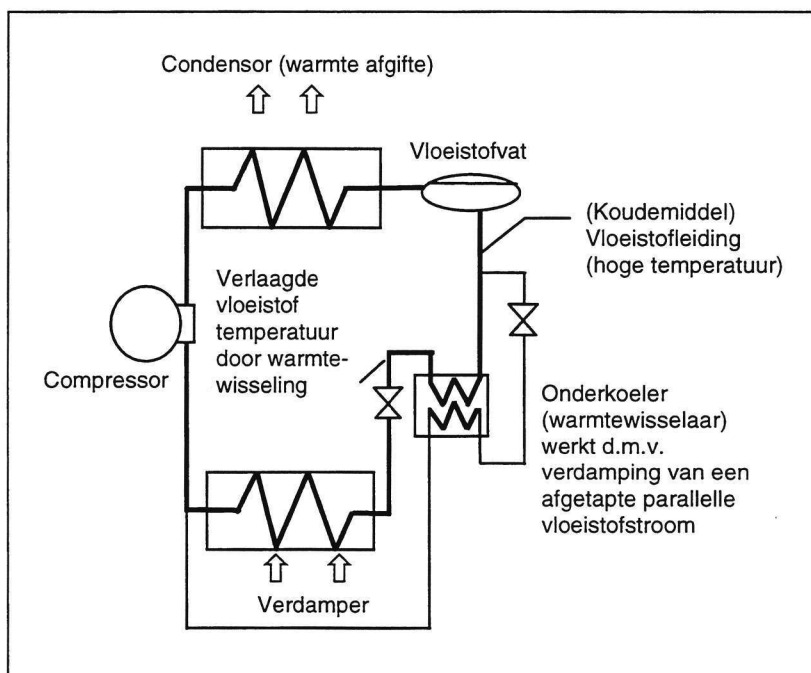
Figuur 5 Verlaging van de vloeistoftemperatuur voor het expansieventiel - ter voorkoming van "flashing" - door koeling van de vloeistof met een externe koudebron.

5.5 TXV onderkoeling

In principe vertoont deze technologie veel gelijkenis met interne onderkoeling (§ 5.3), omdat gebruik wordt gemaakt van de interne energie van het systeem. Het verschil is dat de warmtewisselaar zich bij de uitlaat van het vloeistofvat bevindt en niet bij de inlaat van het expansieventiel. Aan de andere kant komt het overeen met vloeistofdrukverhoging en mechanische onderkoeling, omdat het als doel heeft de vorming van flashgas te voorkomen in plaats van dit weer te condenseren (zie figuur 6). Omdat een extra expansieventiel nodig is, wordt toepassing van de technologie gestimuleerd door de kleppenfabrikant Sporlan Valve Company.

Er wordt beweerd dat bij systemen met een lange vloeistofleiding of een uitzonderlijke verticale stijging het nakoelen voor de verticale stijging moet plaatsvinden en daar zit wat in. Het is niet alleen zo dat de expansieventiel met pure vloeistof gevoed moet worden, maar de damp in de vloeistofleiding verhoogt ook de wrijvingsverliezen aanzienlijk en dit kan niet ongedaan worden gemaakt door hercondensatie van de damp aan het andere eind van de vloeistofleiding.

Het nadeel van deze technologie is dat de warmtewisselaar en de vloeistofleiding over de gehele lengte geïsoleerd moeten worden, hetgeen de installatiekosten verhoogt. Bij de vloeistofdrukverhogingstechnologie hoeft de vloeistofleiding niet te worden geïsoleerd, omdat hier de vorming van flashgas wordt voorkomen door de druk te verhogen en niet door de temperatuur te verlagen.



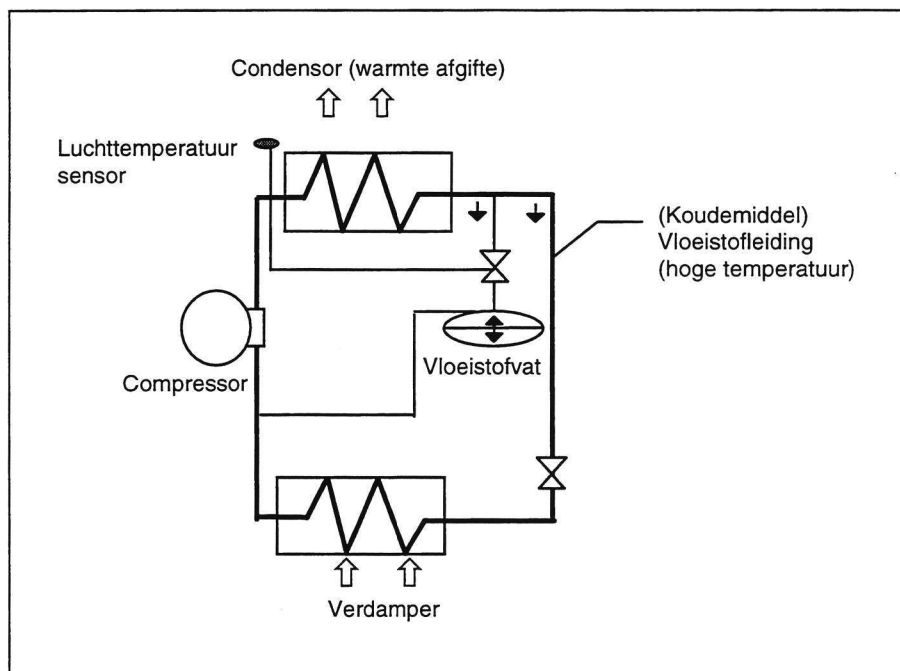
Figuur 6 *Temperatuurverlaging van de koudemiddelvloeistof voor het expansieventiel door middel van een tweede verdampingscircuit.*

5.6 Onderkoeling door middel van de omgevingslucht

Oorspronkelijk was onderkoeling d.m.v. de omgevingslucht het koelen van de condensatie tot onder de verzadigingstemperatuur voorzover het ontwerp van het systeem en de omgevingstemperatuur op ieder willekeurig moment dit toelieten. Deze werkwijze droeg zeer weinig bij aan de verhoging van het rendement van het systeem. In combinatie met mechanische onderkoeling werd met behulp van variabele condensatiedruk een vermindering van het energieverbruik van ongeveer 20% gerealiseerd en met een vaste condensatiedruk ongeveer 25%. De onderkoeling aan de omgevingslucht leverde een bijdrage van 2 tot 3% aan deze besparing.

In principe is onderkoeling d.m.v. de omgevingslucht een technologie met een variabele condensordruk, maar door verschillende ontwerpbeperkingen en andere technische problemen zoals in paragraaf 5.1 worden beschreven was het niet mogelijk de mogelijkheden van variabele condensordruk optimaal te benutten.

De Enviroguardtechnologie die een paar jaar geleden werd uitgevonden verschafte een oplossing voor alle bovengenoemde problemen. Het patent werd verkocht aan Tyler Refrigeration Corp. in Niles, Michigan en nu is Enviroguard een handelsmerk van Tyler. In figuur 7 wordt het Enviroguardsysteem vereenvoudigd schematisch weergegeven.



Figuur 7 Enviroguard technologie ter verlaging van de condensatietemperatuur.

Het belangrijkste onderdeel van het systeem is een regelklep die de System Pressure Regulator (SPR) [Systeemdrukregelaar] wordt genoemd. Deze bevindt zich in de omloopleiding tussen de condensator en het vloeistofreservoir. Bij een hoge om-

gevingstemperatuur laat de SPR vloeistof van de condensor in de opvangbak vloeien, met als gevolg dat de effectieve condensatie-oppervlakte (in de condensor) toeneemt. Bij een lage omgevingstemperatuur wordt het condensaat in de condensor vastgehouden om zoveel mogelijk onderkoeling te bewerkstelligen. De SPR wordt geregeld met behulp van een luchttemperatuurvoeler die in de luchtstroom naar de condensor toe is geplaatst.

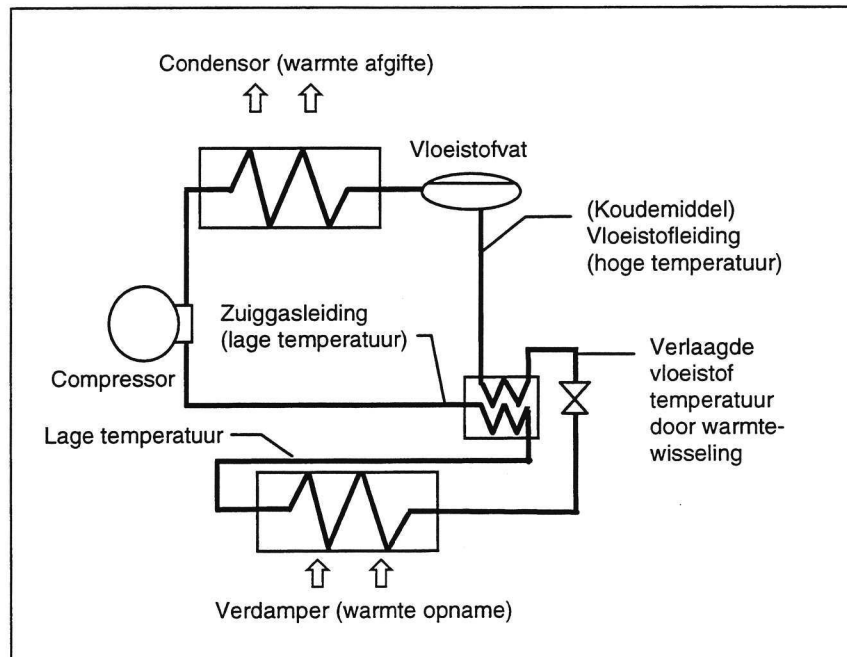
Het vloeistofreservoir wordt niet gebruikt in de oorspronkelijke functie maar alleen als opslagvat voor koelvloeistof die niet hoeft te circuleren op ieder willekeurig moment. Normaal gesproken vloeit de nagekoelde vloeistof direct van de condensor in het vloeistoftoevoerverdeelstuk. Als gevolg van het afsluiten van het reservoir van het actieve koelcircuit hoeft het reservoir geen minimale hoeveelheid koelvloeistof te bevatten. Dit betekent dat systemen met de Enviroguardtechnologie met ongeveer 30% minder koelmiddel kunnen werken dan conventionele systemen.

Dankzij het feit dat met de Enviroguardtechnologie de voordelen van een variabele condensordruk gerelateerd aan de buitentemperatuur maximaal worden benut, geeft toepassing van deze technologie een aanzienlijke reductie van het energieverbruik. Ervaringen met werkende systemen geven een besparing van 30 tot 40%, afhankelijk van het plaatselijke klimaat. In gebieden met warme zomers en koude winters zijn de besparingen groter dan in gebieden met kleinere temperatuurverschillen tussen winter en zomer. In Nederland zou een vermindering van het energieverbruik van 25 tot 35% verwacht kunnen worden.

Het nadeel van deze technologie is dat deze niet geschikt is voor modificaties, omdat de technologie alleen verkrijgbaar is bij aanschaf van Tyler apparatuur.

5.7 Vloeistof/Zuiggas warmtewisseling

Deze bekende en veel toegepaste maatregel omvat de installatie van een warmtewisselaar vlakbij (na) de verdamper. In figuur 8 wordt de indeling schematisch weergegeven.



Figuur 8 Vloeistof / zuiggas warmtewisseling ter verlagng van de vloeistof temperatuur voor het expansieventiel.

De warmtestroom in de warmtewisselaar loopt van de koelvloeistof met de hogere temperatuur naar het zuiggas met de lagere temperatuur. Deze warmtewisseling verhoogt het bedrijfsrendement, omdat:

- de koelvloeistof die op het punt staat het expansieventiel binnen te gaan wordt gekoeld en zo de hoeveelheid flashgas wordt verminderd en,
- de temperatuur van het zuiggas wordt verhoogd tot een niveau dat dicht bij de omgevingstemperatuur ligt, zodat minder warmte uit de omgeving wordt opgenomen.

Daartegenover staat een slechter rendement van de compressor, bij een hogere damp temperatuur.

Het potentiële voordeel van de vloeistof/zuigwarmtewisselaar is afhankelijk van de verdampingstemperatuur en van het gebruikte koudemiddel. Experimenten wijzen uit dat bij diepvriesvitrines en opslagruimten voor diepvriesproducten een netto energieverbruikvermindering van 5 tot 10% kan worden verwacht. Bij middeltemperatuurvitrines en -opslagruimten zal de vermindering van het energieverbruik echter slechts 2 tot 6% bedragen. Bovendien zou toepassing van maatregelen met een hoger energiebesparende werking op hetzelfde systeem, zoals in paragrafen 5.1 tot en met 5.6 worden besproken, het nut van een vloeistof/zuigwarmtewisselaar verminderen.

5.8 Elektronisch expansieventiel

Vergeleken met het thermostatische expansieventiel (TXV), heeft het elektronische expansieventiel (EEV) aanzienlijke voordelen. Een probleem met thermostatische expansieventielen is dat deze fluctuerende omstandigheden niet aankunnen, omdat zij traag reageren en niet kunnen anticiperen. Fluctuerende zuigdrukken, vloeistofdrukken en vloeistoftemperaturen laten TXV's buitensporig schommelen.

Het tweede probleem is dat de aandrijfkracht die het TXV in werking stelt bestaat uit het drukverschil tussen de inlaat- en uitlaatopeningen. Een TXV heeft een minimum vloeistofdruk nodig en deze voorwaarde is een ernstige belemmering voor het functioneren van het systeem met een variabele condensatiedruk.

Het derde probleem is dat het TXV alleen binnen een vrij klein vermogensbereik goed regelbaar is. Veranderende omstandigheden zoals variabele condensatiedruk brengen een TXV buiten het juiste vermogensbereik. Hoewel TXV's met uitgebalanceerde openingen beter werken met een variabele vloeistofleidingdruk dan conventionele expansieventielen, varieert hun nominaal vermogen nog steeds aanzienlijk met de vloeistofdrukken en -temperaturen.

Een elektronisch expansieventiel kent geen van bovengenoemde nadelen en heeft geen inherente inefficiënties. Een koelsysteem voor een supermarkt met elektronische expansieventielen in plaats van thermostatische expansieventielen zou rendabeler functioneren, omdat:

- het EEV sneller reageert op veranderende bedrijfsomstandigheden,
- er geen minimum vloeistofdruk is, waardoor alle variabele condensatiedruktechnologieën kunnen worden toegepast, en,
- het vermogensbereik veel groter is.

Veldexperimenten die door TNO werden uitgevoerd bij in bedrijf zijnde supermarkten in Nederland gaven een potentiële vermindering van het energieverbruik van 5% zonder verlaging van de condensatiedruk en van 14% met verlaging van de condensatiedruk naar een niveau dat was toegestaan bij een omgevingstemperatuur van ongeveer 5 °C.

Andere gelijksoortige experimenten uitgevoerd door Danfoss in Denemarken met gebruikmaking van hun elektronische expansieventielen gaven een vermindering van het energieverbruik van 25 tot 30% bij een verlaging van de condensatietemperatuur van 35 °C naar 15 °C.

5.9 Cooltronictechnologie

De Cooltronic is een gepatenteerde Nederlandse uitvinding voor het oplossen en voorkomen van enkele in paragraaf 5.8 genoemde nadelen van het thermostatische expansieventiel. Het is een modificatie-inrichting die wordt geproduceerd door CoolPro Products B.V. in Nieuwendijk, NL.

De Cooltronic bestaat uit een in of bij de verdamperuitlaat geplaatste vloeistofsensoren, een aan de bulb van de TXV bevestigd verwarmingselement en een regeleenheid. Het systeem is bedoeld voor toepassing in combinatie met alle conventionele TXV's. In principe wordt de werking van het TXV hiermee verbeterd.

Als de vloeistofsensoren bij de verdamperuitlaat aangeeft dat de oververhitting te groot is, geeft het verwarmingselement extra warmte aan de bulb van het TXV af, waardoor meer koelmiddel aan de verdamper wordt afgegeven. Het resultaat hiervan is dat het totale verdamperoppervlak actief wordt alsof een grote verdamper wordt gebruikt. Bovendien wordt de reactietijd van het TXV verlaagd, zodat belastingvariaties beter kunnen worden opgevangen.

Het rendementsverbeterende vermogen van de Cooltronictechnologie is tweeledig: het verhoogt het koelvermogen met 15 tot 25% en verlaagt het energieverbruik met 20 tot 30% door toepassing van een variabele condensatiedruk.

5.10 Verdampingscondensoren

Een condensor is een warmtewisselaar waardoor warmte van het koelmiddel aan de omgeving wordt afgegeven. In koelsystemen in supermarkten worden gewoonlijk luchtgekoelde en, minder vaak, watergekoelde condensoren gebruikt, maar gebruik van verdampingscondensoren is ook mogelijk. De luchtgekoelde condensor wordt het meest toegepast, omdat deze veel minder onderhoud vergt dan watergekoelde apparatuur. Bovendien is bij watergekoelde condensoren ook een koeltoren nodig. Behalve misschien bij zeer kleine condensatie-units, worden watergekoelde condensoren met doorstroming niet vaak gebruikt met het oog op de gemeentelijke beperkingen met betrekking tot het watergebruik of omdat de extra kosten van water dit oneconomisch maken.

Verdampingscondensoren geven warmte door verdamping van water dat op de warmtewisselaar wordt gespoten terwijl een luchtstroom langs de warmtewisselaar wordt geblazen of gezogen. Eigenlijk is een verdampingscondensor een soort combinatie van een luchtgekoelde en een watergekoelde condensor.

Het voordeel van de verdampingscondensor is dat deze werkt bij een lagere condensatietemperatuur, omdat de verdampingscondensor wordt geregeld via de nattemboltemperatuur, terwijl de condensatietemperatuur van de luchtgekoelde conden-

sor wordt geregeld via de droge-bol temperatuur van de buitenlucht¹. Tenzij de buitenlucht volledige verzadigd is of, met andere woorden, de relatieve vochtigheid 100% is, is de natte-bol temperatuur altijd lager dan de droge-bol temperatuur.

Op basis hiervan en aannemende dat de verdampingscondensor goed wordt onderhouden (het oppervlak is schoon, enz.), gebruikt het koelsysteem minder energie dan bij gebruik van een luchtgekoelde condensor. Afhankelijk van de klimaatomstandigheden en vele andere factoren wordt de potentiële energiebesparing van de verdampingscondensoren ten opzichte van luchtgekoelde condensoren geschat tussen de 2% en 20%.

5.11 Hoogrendementscompressoren

Deze maatregel omvat twee verschillende onderdelen, te weten de hoogrendementscompressor en de hoogrendementsmotor. Bij hermetische en semi-hermetische ontwerpen kunnen deze twee echter niet worden gescheiden.

Zoals in paragraaf 4.3 besproken, bestaat er een actieve concurrentie tussen compressorfabrikanten en zij werken allemaal continu aan de verbetering van hun ontwerpen en aan rendementsverhoging van hun producten.

Een mogelijke manier om het rendement van het compressorsysteem te verhogen is gebruik te maken van een open aandrijving die de compressor van de motor scheidt. De riem-aandrijving heeft twee voordelen: het houdt de motorwarmte uit de buurt van de compressor en het verschaft de compressor de mogelijkheid om op een lage snelheid te werken. Bovendien kan de condensor verkleind worden, omdat deze niet meer de motorwarmte uit het koelmiddel hoeft af te voeren.

Afhankelijk van het ontwerp van het systeem ligt de geschatte verlaging van het energieverbruik ten gevolge van het gebruik van compressoren met een open aandrijving ten opzichte van de semi- en hermetische units tussen 10 en 30%. Ervaring heeft geleerd dat de riem-aangedreven units ongeveer 15% duurder zijn dan de direct aangedreven units, maar de extra investering wordt binnen een jaar terugverdiend.

Over het algemeen zijn (zelfs in Noord-Amerika waar de energiekosten aanzienlijk lager liggen dan in Europa) grote energiebesparingen mogelijk met negatieve netto kosten als gevolg van de vervanging van standaard motoren door hoogrendementsmotoren. Rekening houdend met het feit dat elektrische motoren in koelsystemen doorgaans 7000 tot 8000 uur per jaar in bedrijf zijn, zou men bij een nieuwe installatie moeten staan op de installatie van hoogrendementsmotoren.

¹ De natte bol temperatuur ligt doorgaans enkele graden onder de droge bol temperatuur. Het verschil wordt groter bij "droge" buitenlucht.

5.12 Compressoren met variabele snelheid

In principe ligt bij compressoren met variabele snelheidsaandrijving de grootste mogelijkheid voor energiebesparing in motoren die worden gebruikt bij vloeistofstroomtoepassingen, zoals pompen, ventilatoren en, in iets mindere mate, compressoren. In koelsystemen in supermarkten moet de variabele snelheids-aandrijvingstechnologie echter wedijveren met een andere relatief efficiënte manier van vermogensregeling, de parallelle ongelijke compressor-opstelling. Natuurlijk garandeert de variabele snelheidsaandrijvingstechnologie een veel hoger rendement dan de traditionele vermogenregelingstechnieken zoals afvoergasomleiding, zuigdrukregeling, ruimteregeling of het ontladen van de cilinders.

Bij kleine systemen met slechts één compressor kan een motor met twee snelheden worden overwogen. Dit zou ongeveer 90% van de voordelen van een motor met een variabele snelheid opleveren, die minder ingewikkeld is, minder kost en betrouwbaarder is.

Bij grotere systemen, zoals in een supermarkt, dient de samengestelde parallelle ongelijke compressor-opstelling in overweging te worden genomen (§ 5.13).

5.13 Samengestelde parallelle ongelijke compressoren

Parallele ongelijke compressorsystemen kunnen worden toegepast bij koelsystemen met verschillende vitrines en/of bij gelijke temperaturen werkende koelruimteverdamper, bijvoorbeeld binnen een temperatuurbereik van ongeveer 5 K. Deze opstelling maakt gebruik van twee of meer parallel geschakelde zuigercompressoren van ongelijke grootte. Een ideale opstelling is met gebruikmaking van drie compressoren in een verhouding van de grootten van 1:2:4. Deze verhouding maakt zeven verschillende stappen in het koelvermogen mogelijk, een tot zeven maal de kleinste compressorgrootte. Een geautomatiseerd regelsysteem meet de koelbelasting door de zuigdruk en/of de vitrinetemperatuur te meten en selecteert de meest geschikte combinatie van compressoren om het vermogen aan de belasting aan te passen.

Automatisch geregelde parallelle ongelijke compressoren bieden aanzienlijke rendementsverbeteringen, omdat de compressoren niet onnodig werken. Deze technologie werkt goed in combinatie met een variabele condensatiedruk en ook met verschillende andere rendementsverhogende maatregelen.

In Noord-Amerika is ervaren dat een samengestelde parallelle ongelijke compressor-opstelling in vergelijking met systemen met een enkele compressor een energiebesparing oplevert van ongeveer 10% - 20%. Deze geschatte besparingen zijn exclusief variabele condensatiedruk en enige andere rendementsverbeterende maatregelen.

5.14 Ontdooien met heet gas

Voor het ontdooien van vitrineverdamper wordt warm gas beter geacht dan een elektrische ontdooiing, omdat ontdooien met heet gas:

- minder energie kost,
- de vitrine niet opwarmt en dus de temperatuur van de producten niet beïnvloedt, en.
- sneller ontdooit.

Een beperking van de toepassing hiervan is dat het alleen bij systemen met meerdere verdamper kan worden gebruikt. Een praktisch nadeel van ontdooien met heet gas is dat het warmtespanning op de verdamper en de bijbehorende leidingen veroorzaakt, hetgeen kan leiden tot het loslaten van verbindingen en zo koudemiddellekkage kan veroorzaken.

Experimenteel onderzoek waarbij ontdooien met heet gas werd vergeleken met volledig tijdgestuurd elektrisch ontdooien wees uit dat ontdooien met heet gas het energieverbruik met 3 tot 5% verlaagt. De kosten voor een systeem met heet gas ontdooiing zijn echter aanzienlijk hoger.

5.15 Terugwinning van condensorwarmte

Zoals reeds eerder in paragraaf 5.1 besproken, was het terugwinnen van condensorwarmte oorspronkelijk terugwinning van verspilling. De toepassing van verschillende hierboven beschreven rendementsverbeterende maatregelen en in het bijzonder de toepassing van variabele condensatiedruk, zou deze verspilling eenvoudigweg opheffen en dus hoeft er niets meer te worden teruggewonnen.

De optimale combinatie van warmteterugwinning en variabele condensordruk is afhankelijk van de energiekosten voor het verwarmen van water en ruimteverwarming gerelateerd aan de energiekosten voor koeling. Doorgaans is het echter zo dat als aardgas beschikbaar is en dit normaliter wordt gebruikt voor het opwarmen van water en ruimteverwarming, het terugwinnen van warmte van de condensor economisch niet interessant is.

6. Vergelijkende samenvatting van verschillende technologieën

Voor het vergelijken van de vijftien in hoofdstuk 5 behandelde maatregelen wordt in tabel 5 de geschatte energiebesparing weergegeven. Tabel 5 laat ook zien hoe de vijftien maatregelen met elkaar zouden kunnen of moeten worden gecombineerd ter verhoging van het rendement.

Het woord “REFR” aan de rechterzijde van de eerste kolom geeft aan welke twee maatregelen kunnen worden toegepast met minder koelmiddel. In beide gevallen is een verlaging van 30% mogelijk en dit voordeel zou van grote invloed kunnen zijn op de bedrijfskosten.

De kolom Energiebesparing is voor iedere maatregel in twee delen verdeeld. Waarden boven de scheidingslijn geven de situatie weer als de maatregel op zichzelf staat en niet in combinatie met andere maatregelen wordt toegepast. Waarden onder de scheidingslijn verwijzen naar de situatie waarbij de bepaalde maatregel wordt toegepast in combinatie met variabele condensordruk. Nadruk moet worden gelegd op het feit dat, zelfs al zijn de meeste gegeven waarden gebaseerd op testen met daadwerkelijk functionerende systemen, alle waarden schattingen zijn.

In de kolom Combinatiemogelijkheden worden vier verschillende indicaties gebruikt:

- RR betekent dat de combinatie wordt aanbevolen als eerste overweging;
- R betekent dat de combinatie wordt aanbevolen, maar alleen als om welke reden dan ook een RR-combinatie niet kan worden gebruikt of dat ervoor is gekozen dit niet te doen;
- o betekent dat de combinatie niet wordt aanbevolen omdat, zelfs al is het technisch haalbaar, dit geen kostenbesparing zou opleveren en/of andere combinaties een betere oplossing bieden;
- oo betekent dat de combinatie niet wordt aanbevolen, omdat dit technisch of economisch niet haalbaar is of dubbel of overbodig zou zijn en de kosten zou verhogen zonder enig praktisch voordeel.

Er kunnen zich uitzonderlijke situaties voordoen waarbij een niet aanbevolen combinatie nodig of wenselijk is. In dergelijke gevallen is het de taak van de ontwerper of installateur om aan de eigenaar duidelijk te maken dat zijn keuze beter is dan andere combinaties.

De gearceerde delen geven aan dat de combinatie niet kan worden toegepast.

De in tabel 5 verschaft informatie is alleen bedoeld als leidraad. Beperkingen met betrekking tot de architectonische constructie van bestaande gebouwen of opgelegd door bevoegde lokale instanties of financiële beperkingen kunnen van invloed zijn op de relatieve rangorde van onze aanbevelingen en de installatie van enige

andere grootte rechtvaardigen. In ieder geval worden de eigenaars van levensmiddelenwinkels en supermarkten geadviseerd om een ervaren vakman die op de hoogte is van alle relevante voorwaarden en eisen te raadplegen.

Tabel 5

	MAATREGEL	GESCHIKT VOOR		ENERGIE BESPARINGS POTENTIEEL		COMBINATIE MOGELIJKHEDEN.														
		NIEUW	RETROFIT			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Condensor drukverlaging	JA	JA	10% - 35%			RR	RR	o	RR	RR	R	R	R		R	R	R	R	oo
2	Koudemiddelpomp (LPA pump, ErnviX)	JA	JA	2% - 12%		RR		oo				o	R	R	o	R	R	R	R	o
				15% - 35%				oo				o	R	R		R	R	R	o	oo
3	Terminator REFR	JA	JA	2% - 12%		RR	oo		o	o	o	o	o	R	R	R	R	R	R	o
				20% - 30%			oo		o	o	o	o	o	R		R	R	R	o	oo
4	Mechanische onderkoeling	JA	NEE	15% - 25%		R		o			o	R	R	R	o	R	R	R	R	o
				20% - 30%				o			o	o	o	o		R	R	R	o	oo
5	TXV onderkoeling	JA	JA	2% - 12%		RR		o			o	R	R	R	o	R	R	R	R	o
				20% - 30%				o			o	R	R	R		R	R	R	o	oo
6	Enviroguard REFR	JA	NEE			RR		o	o	o		o	R	R	o	R	R	R	R	o
				25% - 35%				o	o	o		o	R	R		R	R	R	o	oo
7	Vloeistof / zuiggas warmtewisseling	JA	JA	2% - 10%		R	o	o	R	R	o		R	R	R	R	R	R	R	o
				10% - 15%			o	o	o	R	o		R	R		R	R	R	o	oo
8	E.E.V.	JA	JA	2% - 6%		R	R	o	R	R	R	R			R	R	R	R	R	o
				10% - 20%			R	o	o	R	R	R				R	R	R	o	oo
9	Cooltronic	JA	JA	5% - 10%		R	R	R	R	R	R	R			R	R	R	R	R	o
				20% - 30%			R	R	o	R	R	R				R	R	R	o	oo
10	Verdampingscondensoren	JA	NEE	2% - 20%			o	R	o	o	o	R	R	R		R	R	R	R	o
11	Hoogrendements compressoren	JA	JA	5% - 15%		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R		R	R	R	o
				10% - 20%			R	R	R	R	R	R	R	R			R	R	o	oo
12	Variabel toerental compressoren	JA	JA	?		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R		R	R	o
				?			R	R	R	R	R	R	R	R		R		R	o	oo
13	Parallel ongelijke compressoren	JA	NEE	5% - 10%		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R		R	o	
				10% - 20%			R	R	R	R	R	R	R	R		R			o	oo
14	Heet gas ontdooing	JA	NEE	3% - 5%		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R		o
				3% - 5%			o	o	o	o	o	o	o	o		o	o	o		oo
15	Condensorwarmte terugwinning	JA	NEE	?		R	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
				?			oo	oo	oo	oo	oo	oo	oo	oo		oo	oo	oo	oo	

RR: primair aanbevolen

R: aanbevolen

o: niet aanbevolen, technisch mogelijk maar wellicht niet effectief

oo: niet aanbevolen, technisch of economisch onmogelijk

Opmerking: de energiebesparingspotentiën zijn per maatregel aangegeven voor twee opties:

- zonder variabele condensordruk (bovenste getallen)
- met condensordrukregeling (onderste getallen).

7. Het aanvragen van offertes

In dit hoofdstuk wordt een leidraad gegeven voor het aanvragen van offertes. In de detailhandel is voor elke investeerder in koeling de “omgeving” verschillend, waarmee wordt bedoeld dat voor sommigen een kant en klaar standaardbestek voorhanden is vanuit het centrale kantoor, voor anderen een gelieerde adviesdienst aanwezig is, en weer anderen een onafhankelijk adviseur in de handen nemen. Tot slot zijn er ook zelfstandigen, die geheel op eigen kracht tot een goede investeringsbeslissing moeten komen. Het is daarom vanzelfsprekend dat één standaard methode voor het aanvragen van offertes niet zal volstaan. Daarom wordt hier een leidraad gepresenteerd, die niet bedoeld is als “starre” methode, maar die wel de belangrijke aandachtspunten aangeeft.

De voorbereiding

Voordat een offerte kan worden aangevraagd, dient de investeerder voor zichzelf een goed beeld te hebben van datgene wat hij uiteindelijk wil hebben. Vanzelfsprekend heeft de investeerder een “visueel” beeld van het eindresultaat (inrichting, design, ..) en een budget waarbinnen het geheel gerealiseerd moet worden. Hier geven wij de belangrijkste punten weer, die onder andere een rol spelen bij de uiteindelijke kwaliteit van het geleverde en van de energetische prestaties.

- Logistieke keuze. Het is lange tijd gebruikelijk geweest om de aangeleverde gekoelde producten te na ontvangst in de gekoelde of diepvries opslag op te slaan, en van daaruit - wanneer nodig - naar de koel- en vriesmeubelen over te plaatsen. Er is echter een duidelijke trend naar “just in time delivery” waarbij de ontvangen producten direct na ontvangst in de koel- en vriesmeubelen worden geplaatst. Kleinere opslagruimten nemen minder ruimte in beslag, en dragen bij aan een lager energiegebruik. Echter, de temperatuurhandhaving van de producten (kwaliteit) wordt kritischer. Er dienen zeer goede afspraken te worden gemaakt met de leveranciers, niet alleen met betrekking tot de tijd maar ook met betrekking tot de maximum temperatuur (HACCP). Te warm aangeleverde producten dienen retour te worden gezonden, want koel- en vriesmeubelen zijn **niet** in staat om warme producten af te koelen.
- Volume, display-oppervlak en lengte. Afhankelijk van de logistieke keuze, worden de benodigde opslag volumes, display oppervlakken en lengtes bepaald voor de verschillende groepen gekoelde en diepvries producten. Koel- en vriesmeubelen zijn in eerste instantie bedoeld voor “display” van producten, en niet voor opslag. Koel- en vriescellen zijn uit energetisch oogpunt te verkiezen boven opslag in meubelen.
- Temperatuurniveaus van opslag en display. Aan de in de vorige “stap” bepaalde volumes en display oppervlakken dienen temperatuurniveaus te worden gekoppeld, die bepaald worden door de maximale (en minimale) bewaartemperaturen van de productgroepen. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de classi-

ficatie volgens de Europese norm EN 441 (zie tabel 1). Deze stap is van groot belang uit het oogpunt van HACCP.

- Bedrijfszekerheid van de temperatuur handhaving. Er dient een keuze gemaakt te worden betreffende de zekerheid waarmee de product temperaturen gehandhaafd moeten worden, met name bij hoge buitentemperaturen. Vanuit het oogpunt van HACCP dient die zekerheid maximaal te zijn, maar vanuit investeringskosten is er een grens aan de maximale buitentemperatuur waarbij de installatie nog volledig kan voorzien in de temperatuur handhaving. Net zoals het in de bouwwereld gebruikelijk is om een toelaatbaar aantal “overschrijdingsuren” te stellen aan een comfortabel klimaat, kan op basis van hoofdstuk 3.5 een keuze worden gemaakt voor het werkingsgebied van de koelinstallatie.
- Jaarlijkse kosten. Indien mogelijk, is het zinvol om vooraf een budget vast te stellen voor de jaarlijkse onderhouds- en energiekosten in verhouding tot de investeringskosten. Indien dit niet mogelijk is, dient in een later stadium deze afweging te worden gemaakt op basis van de ontvangen offertes.
- gehanteerde terugverdientijd voor investeringen in energiebesparing.

De offerte aanvraag

De offerte aanvraag dient zo opgezet te zijn, dat bij aanvraag van meerdere offertes vergelijkbare opgaven worden verkregen. Dat houdt in, dat de bovengenoemde voorbereidende keuzen (met uitzondering van het jaarbudget voor onderhoud en energie) duidelijk worden aangegeven als uitgangspunt bij de offerte aanvraag. De aanbieder kan hiervan alleen afwijken als daarvoor duidelijke argumenten ingebracht worden (bijvoorbeeld bij een naar zijn inzicht foutieve of achterhaalde keuze).

Wij pleiten er sterk voor om in de offerte aanvraag een “energie paragraaf” te verlangen van de aanbieder, waarin het jaarlijks energiegebruik van de standaard installatie wordt opgegeven, alsmede de energiebesparing en meerkosten van enkele energiebesparende opties.

Voor het aanvragen van offertes is een voorbeeld specificatie opgenomen in dit rapport als Bijlage C.

Aanbevolen wordt om bij drie verschillende leveranciers offerte aan te vragen. Enerzijds biedt dit voldoende mogelijkheden voor een goede afweging aan de zijde van de investeerder, en anderzijds is het voor de aanbieders nog steeds interessant om een offerte uit te brengen bij een beperkt aantal concurrerende aanbieders.

De offerte vergelijking

Vanzelfsprekend worden de offertes door de aanvrager vergeleken op de voor hem belangrijke aspecten zoals winkel inrichting, merk en type van de meubelen

(design), garanties en totale investering. Hieraan willen wij geenszins afbreuk doen. Wel bevelen wij aan, om aandacht te schenken aan de geboden kwaliteit en de jaarlijkse kosten (inclusief energiekosten) - voorzover dit niet reeds geschiedde. Tenslotte is het zinvol om het energiegebruik “op zich” (exclusief kostenaspecten) te beschouwen in relatie tot energiebesparingsplannen en -doelstellingen, die door de branche zijn aangenomen.

- met betrekking tot (product) kwaliteit dienen geen compromissen te worden geaccepteerd, uit het oogpunt van volksgezondheid en tevens vanuit het oogmerk te voldoen aan de eisen van de keuringsdienst van waren. Het is daarom noodzakelijk om de aangeboden temperatuurclassificaties na te lopen (vergelijking met eisen), en ook het in de offerte vermelde werkingsgebied van de koelinstallatie te controleren.
- met betrekking tot de jaarlijkse kosten, moet eerst het opgegeven energiegebruik omgerekend worden naar de jaarlijkse energiekosten. Denk daarbij niet alleen aan het verbruik in KiloWattuur (kWh), maar ook aan de vermogensvergoeding voor afgenomen kiloWatt piekvermogen (kW). Nu kan een eerste vergelijk (exclusief energiebesparende opties) gemaakt worden tussen de ontvangen offertes op basis van de volgende formule:

$$\text{Vergelijkingskosten} = \text{investering} + \text{terugverdiertijd} * \text{jaarkosten (energie + onderhoud)}^1$$

Op deze wijze ontstaat voor elke offerte één bedrag aan vergelijkingskosten. Vervolgens kunnen van de interessante offertes de vergelijkingskosten worden berekend bij toepassing van één of meerdere van de aangeboden energiebesparende opties. Bij hogere vergelijkingskosten valt de optie af, bij lagere vergelijkingskosten is de optie interessant. Om ook een inhoudelijke discussie omtrent de verschillende energiebesparende opties tussen de investeerder en de aanbieder mogelijk te maken, is in dit rapport een beschrijving van de verschillende opties opgenomen. Ook zijn - in hoofdstuk 6 - richtwaarden gegeven voor de verwachte energiebesparingspercentages van de verschillende opties, de waarden genoemd in de offerte kunnen hiermee worden vergeleken.

- Ten slotte kunnen de aanbiedingen nog worden vergeleken op het gebruik van energie (exclusief kosten) van de koeltechnische installatie. Hier gaat het om het gebruik in kWh (kiloWattuur), en niet om het piekvermogen in kW (kiloWatt). Voor het bepalen van de energiebesparing ten opzichte van “de norm”, kan gebruik worden gemaakt van de normstelling zoals die wordt gebruikt binnen de “Stimeck B” regeling van de energiebedrijven (tabel 6). De bepaling van de energiebesparing ten opzichte van de norm kan nodig zijn wanneer in de branche energiebesparingsplannen of -doelstellingen van kracht zijn.

¹ Voorbeeld voor berekening van vergelijkingskosten (bij een gehanteerde terugverdiertijd van 2½ jaar):

Bij Investering = f 100.000; jaarlijkse energiekosten = f 7.500 en jaarlijkse onderhoudskosten = f 2.000

Vergelijkingskosten = 100.000 + 2½ * (7.500 + 2.000) = 100.000 + 2½ * 9.500 = f 123.750,-

Tabel 6 Normstelling voor energiegebruik voor koeling, conform de “Stimeck B” regeling. De hier weergegeven normstelling heeft betrekking op 1998, voor de momenteel van kracht zijnde normstelling wordt verwezen naar de Algemene stimuleringsregeling energiebesparing van het energiebedrijf [6].

Categorie:	Gebruikte Code in de stimuleringsregeling	Functionele eenheid	Norm-energiegebruik
koelmeubel - bediend -	ECK 12	m ² legoppervlak	2380 kWh/jaar/m ²
koelmeubel - zelfbediening -	ECK 13	m ² display opening	3290 kWh/jaar/m ²
vriesmeubel	ECK 14	m ² display opening	3660 kWh/jaar/m ²
koelcel	ECK 15	m ³ inhoud	330 kWh/jaar/m ³
vriescel	ECK 16	m ³ inhoud	425 kWh/jaar/m ³

De in dit hoofdstuk geschetste leidraad is zoals eerder vermeld niet bedoeld als standaard methode. Op basis van ervaringen in de praktijk met deze leidraad hopen wij echter op termijn wel te komen tot een meer gestandaardiseerde methode, die voor alle partijen toepasbaar is. Deze methode kan dan vervolgens ook worden uitgebreid naar voorliggende en latere “stappen” in het volledige traject van de planning van een nieuwe supermarkt tot aan het reguliere onderhoud bij normaal bedrijf van een supermarkt koelinstallatie. Op die wijze kan een volledig pakket van standaards worden opgebouwd, zoals dat nu bijvoorbeeld in de bouwwereld reeds in gebruik is.

8. Verwijzingen en relevante publicaties

- [1] ASHRAE Handbook, 1994 Refrigeration
Hoofdstuk 31, Retail Food Store Refrigeration
Hoofdstuk 46, Retail Food Store Refrigeration Equipment.
- [2] Canadian Standard CSA-C657-95 “*Energy Performance Standard for Commercial Refrigerated Display Cabinets and Merchandisers*”
Uitgegeven door de Canadian Standards Association in 1995.
178 Rexdale Blvd., Toronto, Ontario, M9W1R3, Canada
Telefoon: 416-747-4000
Deze Norm beschrijft de minimale rendementsniveaus voor 11 klassen koelvitruines. Tot nu toe is deze Norm niet verplicht gesteld.
- [3] Recommendation for the energy consumption evaluation of remote refrigerated display cabinets.
EUROVENT/CECOMAF W6 14 Paris, December 1997.
- [4] TNO Rapport R95-164 “*Energy Labelling of Supermarket Refrigerated Cabinets*”.
- [5] TNO Rapport R96-120 “*Stimeck - Achtergronden bij keuze van maatregelen*”.
- [6] Algemene stimuleringsregeling energiebesparing van het energiebedrijf.
EnergieNed, Arnhem.

9. Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever:

NOVEM
Postbus 8242
3503 RE Utrecht

Namen en functies van de projectmedewerkers:

S.M. van der Sluis (TNO-MEP)

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed:

Epsilon Technologies Ltd, Toronto (Canada)

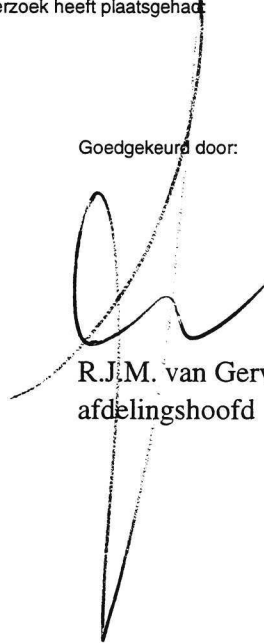
Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad
maart-december 1997

Ondertekening:



S.M. van der Sluis
projectleider

Goedgekeurd door:



R.J.M. van Gerwen
afdelingshoofd

Bijlage A Categorieën van koelvitrites

Categorieën van koelvitrites

Document R95-164 van TNO “Energy Labelling of Supermarket Refrigerated Cabinets” classificeert koelvitrites in 34 categorieën.

Iedere categorie wordt gedefinieerd door middel van een categorienummer dat uit 3 tekens bestaat. Het eerste teken is een cijfer, te weten een

- 0 bij vitrites die zijn bedoeld voor het uitstallen van zowel gekoelde als diepvriesproducten, of
- 1 bij vitrites die bedoeld zijn voor het uitstallen van gekoelde producten (middentemperatuurvitrites), of
- 2 bij vitrites die bedoeld zijn voor het uitstallen van diepvriesproducten (lagetemperatuurvitrites).

Het tweede teken is ook een cijfer. Dit geeft de fysieke vorm en samenstelling van de vitrine als volgt weer:

- 0 vitrites die niet onder een van de overige zeven categorieën vallen
- 1 wand eiland
- 2 bedieningsvitrites
- 3 vrijstaand eiland
- 4 meerdere schappen, open
- 5 meerdere schappen, open, aflopende schappen
- 6 meerdere schappen, gesloten, met glazen deur
- 7 roll-in meubelen.

Het derde teken is een letter, namelijk een

- R voor op afstand (Remote) aangesloten vitrites, of een
- I voor geïntegreerde of op zichzelf staande vitrites.

Een uitzondering op de regel is dat een ‘0’ als eerste cijfer alleen gevolgd kan worden door een ‘0’ als tweede cijfer, omdat een gecombineerde vitrine voor gekoelde en diepvriesproducten niet onder een van de overige zeven categorieën valt. Op deze manier wordt het totaal aantal categorieën $2 \times 8 \times 2 + 2 = 34$.

Voor nadere uitleg en illustraties van iedere categorie zie Rapport R95-164 van TNO, “Energy Labelling of Supermarket Refrigerated Cabinets”.

Bijlage B Eenvoudige rekenmethode ter bepaling van het jaarlijkse energiegebruik van koel- en vriesinstallaties in de levensmiddelenhandel

In deze bijlage wordt een eenvoudige rekenmethode voorgesteld voor de berekening van het (te verwachten) jaarlijkse energiegebruik van de koel- en vriesinstallatie in een supermarkt of levensmiddelenwinkel. Daarnaast wordt ook een “Norm” gegeven voor het (huidige) marktgemiddelde energiegebruik in relatie tot de aantallen opgestelde koel- en vriesmeubelen.

Vergelijking van de waarde berekend volgens de “Norm” en de werkelijk berekende waarde, geeft een indruk van de energieprestatie van de installatie. Wanneer de levensmiddelen detaillist bij het aanvragen van verschillende offertes voor een koel- of vriesinstallatie de aanbieders vraagt om de hier beschreven berekening uit te voeren en het resultaat te vermelden in de aanbieding, wordt het mogelijk de aankoopbeslissing niet alleen op basis van initiële kosten te maken, maar ook de “running costs” in de beslissing een rol te laten spelen. Overigens is de berekening als hier bedoeld ook de basis voor subsidie in het kader van de “STIMECK - B regeling” van de energie distributiebedrijven [6].

B.1 Norm - energiegebruik

De “Norm” voor het marktgemiddelde jaarlijkse energiegebruik wordt berekend volgens tabel AB-1. Nadat het ontwerp voor de indeling van de winkel is gemaakt en de koel- en vriesmeubelen - qua gewenste presentatie oppervlakken - zijn geselecteerd kan met behulp van deze tabel (op basis van de presentatie oppervlakken en de inhoud van koel- en vriescellen) het Norm-energiegebruik worden berekend.

Tabel AB-1 Koeling categorieën met bijbehorend norm - energiegebruik.

Categorie:	Functionele eenheid	Norm - energiegebruik per functionele eenheid
koelmeubel - bediend -	m ² legoppervlak	2380 kWh/jaar
koelmeubel - zelfbediening -	m ² display opening	3290 kWh/jaar
vriesmeubel	m ² display opening	3660 kWh/jaar
koelcel	m ³	330 kWh/jaar
vriescel	m ³	425 kWh/jaar

B.2 Berekening (te verwachten) jaarlijks energiegebruik

Stap 1: berekening van direct energiegebruik meubelen en “heat extraction rate”

Op basis van de bekende (gewenste) hoeveelheid presentatie - oppervlak per type koel- en vriesmeubel kan met behulp van de “EUROVENT/CECOMAF recommendation” het totale energiegebruik (TEC) worden berekend voor zowel de aanwezige koelmeubelen als de aanwezige vriesmeubelen. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van tabel AB-2.

Tabel AB 2 Gemiddeld energiegebruik (TEC) per m² display oppervlakte van verschillende soorten koel- en vriesmeubelen. bij een energie efficiency (labelling) van 100%. Voor meubelen met energie label A wordt 55% van deze waarde genomen, voor meubelen met label B wordt 75% van deze waarde genomen.

Meubel	Categorie (Bijlage A)	Producttemperatuur klasse conform EN 441 (tabel 1)	TEC. Gemiddeld Energiegebruik kWh/m ² per dag
Verkoopvitrine	12R	3H	6,2
Verkoopvitrine	12R	3M2	6,7
Koeleiland	11R / 13R	3H	5,5
Koeleiland	11R / 13R	3M2	5,8
Schappenkast	14R / 15R	3H	10,1
Schappenkast	14R / 15R	3M2	12,3
Roll-in meubel	17R	3H	13,8
Wandmeubel Vries	20 R	3L3 (= 3L2 met -12 °C i.p.v. -15 °C)	29,0
Vrieseiland	21R / 23R	3L3 (= 3L2 met -12 °C i.p.v. -15 °C)	13,0
Glasdeurkast	26R	3L1	28,5

Wanneer zowel voor de koelsectie als voor de vriessectie de TEC bekend is, kan met behulp van tabel AB-3 de onderverdeling worden gemaakt naar direct energiegebruik DEC (voor verlichting, ventilatoren, randverwarming e.d.) en naar energiegebruik voor de koeling REC.

Tabel AB 3 Verdeling direct energiegebruik / koelmachine energiegebruik voor verschillende typen koel- en vriesmeubelen.

Meubeltype	% direct verbruik	% koelmachine verbruik
vitrine	35	65
koeleiland	39	61
schappenkast	24	76
roll-in	15	85
vrieseiland	31	69
glasdeurkast	53	47

De berekende REC waarde wordt nu met de onderstaande formule omgerekend naar de waarde voor de “Heat Extraction Rate”, ofwel de gemiddeld werkelijk

benodigde koelcapaciteit (T_0 - verdampingstemperatuur; T_c = condensatietemperatuur).

$$HER = \frac{1}{24} \cdot REC \cdot \frac{0,34 \cdot (T_0 + 273)}{(T_c - T_0)}$$

Stap 2: berekening van energiegebruik koel- en vriesinstallatie - zonder opties

Nu de gemiddeld werkelijk benodigde koel- en vriescapaciteiten bekend zijn (stap 1), kan op basis van de belangrijkste procescondities het energiegebruik voor de koelinstallatie worden berekend, alsmede het energiegebruik voor de vriesinstallatie. Het gaat hier in eerste instantie om de energiegebruiken van installaties zonder energiebesparende voorzieningen.

Deze berekeningen vinden plaats op basis van de standaard koeltechnische berekeningen in het log-pH diagram van het betreffende koudemiddel, met gebruikmaking van enkele relevante gegevens van de te gebruiken compressoren.

Voor deze berekeningen kan een PC-programma worden gebruikt, zoals dat momenteel door TNO-MEP wordt gebruikt. Ook andere - meer gebruikersvriendelijke programma's zijn hiervoor geschikt of kunnen hiervoor geschikt gemaakt worden.

Programma - invoer:

- koudemiddel
- Verdampingstemperatuur
- Condensatietemperatuur
- Onderkoeling
- Oververhitting
- Isentropisch rendement compressor
- drukval zuigleiding

Het programma levert een COP, met deze COP en de in de vorige stap berekende HER wordt het energiegebruik berekend.

Stap 3: berekening van besparing door toevoeging van opties

Met behulp van onderstaande tabel wordt nu het berekende energiegebruik van stap 2 verminderd, indien energiebesparende opties zijn opgenomen in het ontwerp. Deze berekening vindt plaats op basis van onderstaande tabel met besparingspercentages.

MAATREGEL		ENERGIE BESPARINGS POTENTIEEL	
1	Condensor drukverlaging	10% - 35%	
2	Koudemiddelpomp (LPA pump, ErnviX)	2% - 12%	15% - 35%
3	Terminator REFR	2% - 12%	20% - 30%
4	Mechanische onderkoeling	15% - 25%	20% - 30%
5	TXV onderkoeling	2% - 12%	20% - 30%
6	Enviroguard REFR		25% - 35%
7	Vloeistof / zuiggas warmtewisseling	2% - 10%	10% - 15%
8	E.E.V.	2% - 6%	10% - 20%
9	Cooltronic	5% - 10%	20% - 30%
10	Verdampings condensors	2% - 20%	
11	Hoogrendements compressoren	5% - 15%	10% - 20%
12	Variabel toerental compressoren	?	?
13	Parallel ongelijke compressoren	5% - 10%	10% - 20%
14	Heet gas ontdooiing	3% - 5%	3% - 5%
15	Condensorwarmte terugwinning	?	?

Opmerking: de energiebesparingspotentiëlen zijn per maatregel aangegeven voor twee opties:

- zonder variabele condensordruk (bovenste getallen)
- met condensordrukregeling (onderste getallen)

(besparingstabel van John Horvath).

Stap 4: berekening additionele energiegebruikers

Tot slot worden de energiegebruiken van additionele voorzieningen in rekening gebracht:

- condensorventilatoren: 10% (dan wel met correctie voor weersafhankelijke regeling)
- oliepompen
- regelsystemen

Bijlage C Voorbeeldspecificatie

Aanbevolen wordt om, naast de door de installateur zoals gebruikelijk geleverde specificatie van onderdelen, werkzaamheden en kosten, een extra specificatie door de installateur te laten opstellen met essentiële gegevens over de te leveren functionaliteit (product temperaturen), energetische prestaties en milieu aspecten. Deze specificatie zou er uit kunnen zien zoals het voorbeeld op de volgende pagina.

Een dergelijke specificatie geeft helderheid over de prestaties die de afnemer mag verwachten van zijn installatie, en geeft de afnemer bovendien de mogelijkheid om een afweging te maken tussen de investeringskosten en de bedrijfskosten (m.b.t. energiegebruik).

De installateur krijgt door gebruik te maken van een dergelijke specificatie de mogelijkheid om kwantitatief te kunnen concurreren op het gebied van geleverde kwaliteit (product temperaturen) en energiezuinigheid.

Nadere specificatie van prestatie en energiegebruik bij offerte

1. *Temperatuur classificatie van de te installeren koel- en vriesmeubelen*

Meubel merk & type	Toepassing ¹⁾	Lengte (m)	Temperatuurklasse ²⁾

¹⁾ Toepassingen in de zin van zuivel, AGF, verpakt vlees, onverpakt vlees, diepvries e.d.

²⁾ Temperatuurklasse volgens EN 441 sectie 6 bij klimaatklasse 3 (zie tabel 1 van TNO-rapport R 98/149).

2. *Werkgebied waarbij bovenstaande specificaties gelden*

De specificaties zoals vermeld onder punt 1 gelden bij buitentemperaturen tussen minimaal °C en maximaal °C.

3. *Energetische prestaties koel- en vriesmeubelen*

Meubel merk & type	Energie Label ¹⁾

¹⁾ Energie label volgens TNO - Eurovent/Cecomaf methodiek.
Voor meubelen op STIMECK lijst is dit klasse A of klasse B.
Voor overige meubelen, indien onbekend, "onbekend" invullen.

4. *Energetische prestaties van de koel- en vriesinstallatie (basis exclusief energiebesparende opties)*

	Norm - energiegebruik per jaar (kWh)	Berekend energiegebruik per jaar (kWh)	Kosten besparing (Hfl / jaar bij 20 ct/kWh)
Koelinstallatie			
Vriesinstallatie			

Norm- en berekend energiegebruik volgens TNO rapport R98/149, bijlage B.

5. *Energiebesparende opties*

Per optie dient te worden aangegeven:

- Technologie (zie hoofdstuk 5 van TNO-rapport R 98/149)
- Merk, Type en aantal
- Meerkosten
- Energiebesparing in % voor koel- en/of vriesinstallatie

6. Milieu aspecten

Toegepast koudemiddel	*) Opmerking
HCFK	Verbod op gebruik in 2010 / 2015, wellicht eerder
HFK	Koudemiddel is een "broeikasgas"
Overig	Eventueel veiligheidsaspecten

*) Vul in "K" bij gebruik in koelinstallatie, "V" bij gebruik in vriesinstallatie, "-" niet aanwezig.

Einde specificatie

Bijlage D Koeltechnisch bestek en installatie

Onderstaand volgen een aantal aandachtspunten die van belang zijn bij het koeltechnisch bestek en de installatie. De wens bestaat bij verschillende partijen om op termijn te komen tot een gestandaardiseerd bestek voor koeltechnische installaties in de levensmiddelen detailhandel. Op dit moment heeft echter, gezien vanuit het oogpunt van energiebesparing, het (deels) standaardiseren van offertes een hogere prioriteit. Het standaardiseren van offertes voor wat betreft prestaties en energiegebruik (Bijlage C) stelt de investeerder in staat om een energetisch optimale keuze te maken (zie hoofdstuk 7). Het standaardiseren van het bestek zal vervolgens tot een verhoogde zekerheid moeten leiden, dat de in de offerte aangeboden prestaties en energie-effiëntie ook werkelijk gerealiseerd worden.

Desalniettemin worden hier enkele aandachtspunten met betrekking tot het bestek en de installatie gepresenteerd, die ook buiten een “standaard bestek” om bruikbaar zijn.

- De aanbieder dient ervoor garant te staan, dat de installatie voldoet aan alle van toepassing zijnde wet- en regelgeving.
- Koudemiddel leidingen dienen bevestigd te worden met trillingsdempende voorzieningen; dit geldt ook voor wanddoorvoeren. Zuigleidingen op afschot en geïsoleerd.
- De installatie dient volgens tekening gerealiseerd te worden, zo ook alle leidingdiameters. Bij een gemotiveerde afwijking van de tekening dient een aangepaste of nieuwe tekening te worden geleverd.
- De installatie dient te worden afgerond met een lekttest van het systeem. Na vacumeren wordt het systeem afgevuld met koudemiddeld en olie.
- Voor inbedrijfstelling wordt de installatie ingeregeld; inclusief de juiste meubeltemperaturen.
- De bijbehorende onderhouds- en logboeken dienen te worden geleverd.
- Gebruiksaanwijzing aan of training van het winkelpersoneel
- Garantie (minimaal 1 jaar)
- Bij omvangrijke installatiewerkzaamheden is het zinvol wanneer een bezoek aan de lokatie wordt gebracht voordat prijsafspraken worden gemaakt. Dit kan later meerkosten door onvoorziene omstandigheden voorkomen.

Bijlage E Definities

Koelvitrine of uitstalling - een koelvitrine voor het zo voordelig mogelijk uitstallen en verkopen van voedingsmiddelen. Tegelijkertijd wordt binnen het koelgedeelte van de vitrine de koeling geleverd die nodig is voor een korte bescherming van de voedingsmiddelen.

Open vitrine - een koelvitrine waaruit producten kunnen worden genomen zonder deuren te openen. Doorgaans is dit model vitrine voorzien van een luchtgordijn om de gekoelde ruimte van de vitrine af te schermen van de lucht in de ruimte.

Gesloten vitrine - een koelvitrine waar producten alleen uit kunnen worden genomen door scharnier- of schuifdeuren te openen.

Zelfbedieningsvitrine - een koelvitrine, open of gesloten, waarbij de voedingsmiddelen direct toegankelijk zijn en door de klant kunnen worden uitgenomen.

Bedieningsvitrine - een koelvitrine, doorgaans gesloten, met deuren aan de achterzijde via welke de uitgestalde voedingsmiddelen alleen voor personeel toegankelijk zijn.

Zelfstandige vitrine - een complete in de fabriek geproduceerde en geteste koelvitrine waarbij de condensatie-unit in de vitrine is ingebouwd in tegenstelling tot vitrines met een aparte condensatie-unit. Dit soort vitrines kunnen met een snoer worden aangesloten, waardoor ze gemakkelijk naar verschillende locaties binnen de winkel kunnen worden verplaatst, of met een vaste aansluiting op een vaste plaats.

Lagetemperatuurvitrine - een koelvitrine voor diepvriesproducten waarbij de temperatuur doorgaans onder - 18 °C ligt.

Middentemperatuurvitrine - een koelvitrine voor toepassingen waarbij de producten niet bevroren zijn en de producttemperatuur doorgaans tussen 0°C en +10 °C ligt.

Koeling - een gesloten ruimte voor de tijdelijke opslag van bederfelijke waren. Koelingen kunnen zowel voor werking met lage- als voor middentemperaturen worden ontworpen en geproduceerd. Zij kunnen tevens uit twee of meer aparte gedeelten bestaan voor verschillende temperaturen. Over het algemeen zijn de koelingen in levensmiddelenwinkels alleen toegankelijk voor personeel.