



Door ing. Rob Jans

Adviseur Coolsultancy, Breda

Practical experiences with a CO₂/R410A cascade system in a Dutch supermarket

Praktijkervaringen met CO₂/R410A cascadesysteem in Nederlandse supermarkt

Eind mei 2008 is in het Limburgse Heerlerheide de supermarkt van Plus Meijers geopend. De koelinstallatie in deze supermarkt is uitgevoerd met een combinatie van het chemische koudemiddel HFK-410A en het natuurlijke koudemiddel R744 (CO₂). Verder is de installatie voorzien van een aantal noviteiten op het gebied van koudetechniek en verlichting. In november 2008 werd in de special “Natuurlijke koudemiddelen” van RCC Koude & Luchtbehandeling uitgebreid gerapporteerd over dit onderwerp. Nu we één jaar verder zijn, is het tijd om de ervaringen eens op een rij te zetten.

De installatie bestaat uit een cascade-systeem waarbij verdampend CO₂ door de koel- en vriesmeubelen circuleert. Vervolgens condenseert de CO₂ in een platenwarmtewisselaar. Deze condensatiewarmte wordt via een HFK-410A systeem afgevoerd. Daarna wordt de warmte in eerste instantie via een platenwarmtewisselaar afgestaan aan de vloerverwarming van de supermarkt. Overtollige warmte wordt uiteindelijk aan het mijnwatersysteem afgegeven (zie Figuur 1).

R404A en R410A zijn koudemiddelen uit de HFK-groep. Koudemiddelen uit deze groep worden gekenmerkt door het feit dat zij geen ozonaantastend vermogen hebben (ODP = 0), maar wel een bijdrage leveren aan het broeikas-effect (GWP>0). De bijdrage aan het broeikas-

effect wordt uitgedrukt in emissie ton CO₂ eq./jaar.

Theoretische milieueffecten

De theoretische milieueffecten (t.o.v. de referentie-installatie) waren op voorhand bepaald (zie Tabel 1).

De totale vermindering van de broeikasgasemissie zou dan 71 + 27 = 98 ton CO₂ eq./jaar bedragen. Dit komt overeen met een reductiepercentage van 38%.

Problemen

Gedurende het eerste jaar is niet alles volgens planning verlopen. Ook waren er problemen die een effect hebben gehad op het realiseren van de uitgangspunten. Deze problemen waren:

- Op voorhand was de benodigde hoeveelheid koudemiddeelvulling R-410A bere-

kend op 40 kg, maar in de praktijk is 82 kg afgevoerd. Dit kwam door het aansluiten van de koeler van de slagerij (verwerkingsruimte) op het R410A systeem.

- Het functioneren van het externe mijnwatersysteem heeft met de nodige aanloopproblemen te maken gehad, waardoor (i.p.v. mijnwater) gekoeld water van de warmtepompen moest worden gebruikt voor het afvoeren van de overtollige condensorwarmte. Het temperatuurniveau van dit mechanisch gekoelde water was echter wel in overeenstemming met de ontwerpuitgangspunten. De benodigde elektrische energie voor het aandrijven van deze warmtepompen, die op voorhand niet was voorzien, zal nog wel enige discussie geven m.b.t. de kostenverdeling.
- De afstemming van de regeling van



RCCTotalEnergy

RCC Total Energy – Schoon & zuinig koelen en verwarmen

het CV-systeem op het koelsysteem heeft de nodige problemen gegeven, waardoor de installatie geruime tijd niet onder optimale condities heeft gefunctioneerd. In de zomer van 2009 zullen nog modificaties worden aangebracht om uiteindelijk wel tot een optimale regeling te komen. De samenwerking tussen de verschillende installatiedisciplines blijft een punt van verbetering. Het energiegebruik van de supermarkt is nauwkeurig in kaart gebracht door het plaatsen van submeters, waardoor er continu drie meetwaarden ter beschikking waren:

- Een hoofdmeter met het totale verbruik van de supermarkt
- Een submeter met het verbruik van de compressoren
- Een submeter met het verbruik van de koel- en vriesmeubelen

Een andere belangrijke voorwaarde bij het meten van het energiegebruik is het feit dat je ervan uit moet gaan dat de koel- en vriesmeubelen zodanig zijn afgesteld dat deze de juiste producttemperaturen geven. In dit project zijn van alle onafhankelijk schakelende meubelsecties de meest kritische producttemperaturen bepaald (zie Figuur 2).

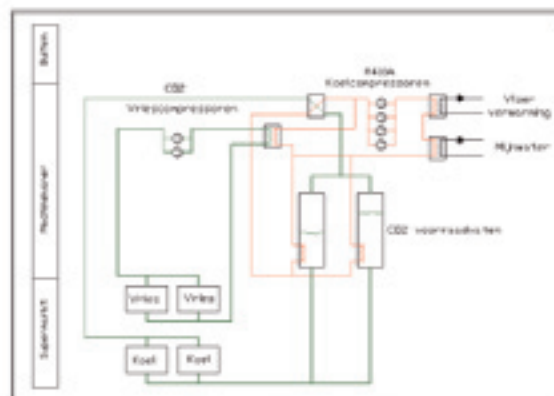
Als de producttemperatuur in de koelmeubelen één graad lager is dan noodzakelijk, neemt het energiegebruik van het project toe met circa 7.000 kWh per jaar. De winkeltemperatuur in supermarkten kan in de praktijk variëren tussen 16 en 21°C. Tijdens de zomer, waarbij lange perioden met een hoge buitentemperatuur kunnen voorkomen, kan deze zelfs oplopen tot 25°C. Als de winkeltemperatuur gedurende het hele jaar gemiddeld één graad hoger is dan noodzakelijk, geeft dit een extra elektriciteitsverbruik van de compressoren van ± 10.500 kWh/jaar en een extra gasverbruik van de ketel van ± 2.500 m³/jaar. Aangezien dit project is uitgevoerd zonder gasaansluiting, zal het effect zich beperken tot het elektriciteitsverbruik, dat in een dergelijk geval

Directe emissie t.g.v. koudemiddellekkage	Referentie-installatie	Cascade-theorie
Koudemiddel(en)	R404A	R410A / CO ₂
Koudemiddelinhoud (ton)	0,400	0,04 / 0,400
GWP van het koudemiddel	3750	1890 / 1
Jaarlijks lekverlies (%/jr)	5	5 / 5
Directe jaarlijkse emissie (ton CO ₂ eq./jr)	75	3,8 / 0,02

Indirecte emissie t.g.v. energiegebruik	Referentie-installatie	Cascade-theorie
Koelvermogen (kW) (koelobjecten/vriesobjecten)	170 / 17,6	170 / 17,6
Koudefactor (COP)	Modelberekening	Modelberekening
Draaiuren installatie (h/jr)	Modelberekening	Modelberekening
Elektriciteitsverbruik koelinstallatie (kWh/jr)	297564	252929
Indirecte emissie (ton CO ₂ /jr) (0,61 kg CO ₂ /kWh)	181	154

Tabel 1: theoretische milieueffecten

- Het voordeel van de lagere HFK-emissiebijdrage is 71 ton CO₂ eq./jaar
- Het voordeel van het lagere elektriciteitsverbruik is 27 ton CO₂ eq./jaar



Figuur 1: principeschema CO₂/R410A cascade-systeem met warmwatervoorziening voor vloerverwarming en overtollige warmteafvoer naar mijnwater



Figuur 2: koelmeubel in supermarkt

ongeveer 13.500 kWh/jaar hoger zou uitvallen. Supermarkten met vloerverwarming hebben een voordeel t.o.v. supermarkten met luchtverwarming; bij vloerverwarming kan men een lagere winkeltemperatuur aanhouden, terwijl het comfortniveau onveranderd blijft.

Praktische milieueffecten

De praktische milieueffecten (t.o.v. de theoretische installatie) worden weergegeven in tabel 2. Een samenvattend overzicht vindt u in tabel 3.

Conclusies:

- Koeltechnisch gezien heeft dit project, afgezien van enkele opstartproblemen, betrouwbaar gefunctioneerd.
- Op voorhand was een energiebesparing van 15% op het verbruik van de compressoren berekend. De gerealiseerde energiebesparing is uiteindelijk op $\pm 12\%$ uitgekomen.
- De verwachting is dat na het uitvoeren van enige modificaties aan de regeling van het WTW-systeem de besparing wel op 15% kan uitkomen.
- Het toepassen van R-410A als koudemiddel lijkt een interessante optie, ook ter vervanging van de bestaande boostersystemen die werken met R410A. Een lagere GWP (1890 i.p.v. 3750) en een energiebesparing van 15% op het verbruik van de compressoren behoren dan tot de mogelijkheden.
- De vraag is hoe het “mijnwater-systeem” zich in de toekomst zal gedra-

Directe emissie t.g.v. koudemiddellekkage	Cascade-theorie
Koudemiddel(en)	R410A / CO ₂
Koudemiddelinhoud (ton)	0,04 / 0,400
GWP van het koudemiddel	1890 / 1
Jaarlijks lekverlies (%/jr)	5 / 5
Directe jaarlijkse emissie (ton CO ₂ eq./jr)	3,8 / 0,02

Indirecte emissie t.g.v. energieverbruik	Cascade-theorie
Koelvermogen (kW) (koelobjecten/vriesobjecten)	170 / 17,6
Koudefactor (COP)	Modelberekening
Draaiuren installatie (h/jr)	Modelberekening
Elektriciteitsverbruik koelinstallatie (kWh/jr)	252929
Indirecte emissie (ton CO ₂ /jr) (0,61 kg CO ₂ /kWh)	154

Tabel 2: praktische milieueffecten

gen m.b.t. de aanvoertemperatuur van het koelwater. De huidige situatie voorziet in een zeer constante temperatuur van 15°C. Hierbij is er een energetisch voordeel van $\pm 2\%$ t.o.v. een traditioneel systeem met een luchtgekoelde condensor. Wanneer de gemiddelde aanvoertemperatuur echter zou stijgen naar 18°C, zou dit voordeel omslaan naar een negatief effect van 3% op het energiegebruik van de compressoren.

Samenvatting

Behoudens enkele kleine aanloopproblemen zijn de ervaringen met het CO₂/R410A cascadesysteem positief

te noemen. De op voorhand bepaalde besparingen van 15% op het energiegebruik van de compressoren worden redelijk benaderd. Evaluatie na een jaar bedrijf resulteerde in een energiebesparing van 12% op het opgenomen compressorvermogen.

Summary

In spite of a few minor teething troubles, the general experiences with the CO₂/R410A cascade system are positive. The calculated and expected saving of 15% on the power consumption of the compressors was nearly reached. Evaluation after one-year operation resulted in a 12% reduction in the energy consumption of the compressors.

Installatieconcept	Broeikasgasemissie van de diverse concepten					
	Direct		Indirect		Totaal	
	ton CO ₂ /jr	%	ton CO ₂ /jr	%	ton CO ₂ /jr	%
Referentie-installatie	75	100	181	100	256	100
Cascade CO ₂ /R410A-theorie	4	4	154	85	158	62
Cascade CO ₂ /R410A-praktijk	0	0	159	88	159	62

Tabel 3: overzicht milieueffecten van de diverse concepten

MEER INFORMATIE
Coolsultancy Rob Jans
Ginnekenhof 4
4835 NN Breda
T: 076-8883567
F: 076-8883568
I: www.coolsultancy.nl