



Rijksdienst voor Ondernemend  
Nederland

# *Het elektrisch energieverbruik en het warmteaanbod van koelinstallaties voor een veertigtal bedrijfssectoren*

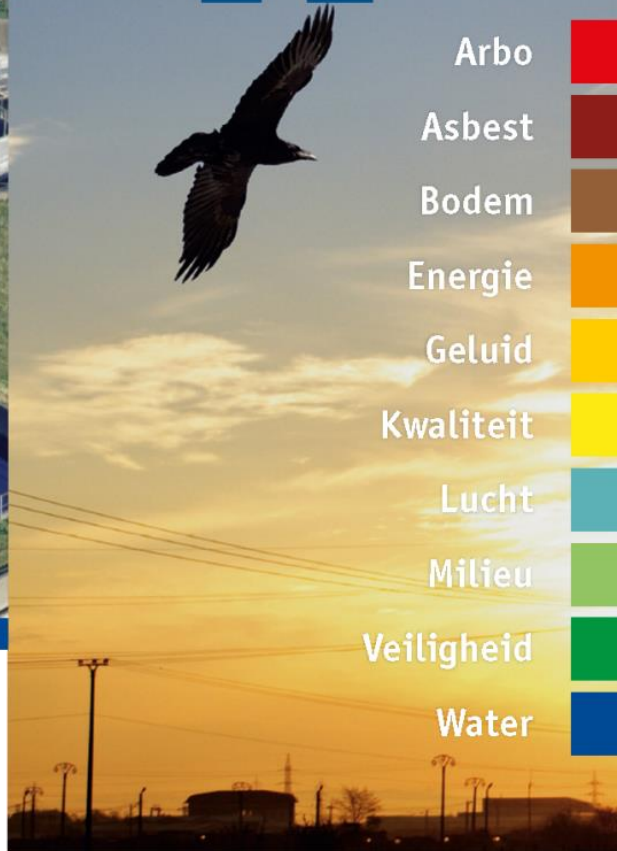
*In opdracht van het ministerie van Economische Zaken*

www.kwa.nl



## Het elektrisch energieverbruik en het warmteaanbod van koelinstallaties voor een veertigtal bedrijfssectoren

100 JAAR **KWA**  
bedrijfs **A** adviseurs



- Arbo
- Asbest
- Bodem
- Energie
- Geluid
- Kwaliteit
- Lucht
- Milieu
- Veiligheid
- Water

- Compliance
- Duurzaamheid
- Realisatie
- Procestechiek
- Interim-ondersteuning

Rapportnummer 3509110DR02  
Datum 23 juni 2016

Relatienummer 8543.01

**ADVISEUR**

Marcel van den Bovenkamp M.Sc.

Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van:  
Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, Roermond

**AUTEUR(S)**

Ir. A.M.G. Pennartz  
M.V. van den Bovenkamp M.Sc.

BEWERKT  
GECONTROLEERD  
INITIALEN  
PARAAF

AMP/ist  
19-05-2016  
MB



KWA Bedrijfsadviseurs B.V.  
Regentesselaan 2  
Postbus 1526  
3800 BM Amersfoort

t 033 422 13 30  
f 033 422 13 49  
e energie@kwa.nl  
Rabobank Amersfoort  
NL86RABO037297669  
KvK Gooi en Eemland 32069286

www.kwa.nl

## Inhoudsopgave

<b>SAMENVATTING .....</b>	<b>4</b>
<b>1 INLEIDING .....</b>	<b>6</b>
<b>2 ELEKTRISCH ENERGIEVERBRUIK VAN KOELINSTALLATIE IN DE INDUSTRIE EN DIENSTENSECTOR.....</b>	<b>8</b>
2.1 Indeling in sectoren en geraadpleegde bronnen.....	8
<b>3 WARMTELEVERING DOOR KOELINSTALLATIES EN WARMTEPOMPEN .....</b>	<b>11</b>
3.1 Potentieel van warmtelevering door reguliere koelinstallaties .....	11
<b>4 KOUDEMIDDELENHOEEVEELHEDEN PER SECTOR.....</b>	<b>13</b>
<b>5 TRENDANALYSE .....</b>	<b>15</b>
5.1 Stimulans vanuit wet- en regelgeving en producteisen .....	15
5.2 Duurzaamheid in de koudetechniek.....	15
5.3 Warmtelevering door koelinstallaties .....	15
5.4 Toekomstperspectief vervangingsmarkt en nieuwbouw .....	16
5.5 Energie efficiency en inzet van warmte .....	16
5.6 Knelpunten.....	17
5.7 Warmtenetten .....	17
5.8 Resumé .....	18
<b>6 KANSEN VOOR STAKEHOLDERS; WAT KUN JE DOEN MET HET INZICHT UIT DE TABELLEN.....</b>	<b>18</b>
6.1 Het energieverbruik per bedrijfssector (koude en warmte) en de betekenis voor de installatiesector.....	18
6.2 De koudemiddelen hoeveelheid per bedrijfssector en de betekenis voor de installatiesector.....	19
6.3 Kansen voor eindgebruikers en beleidsmakers .....	20
<b>7 BRONVERMELDING .....</b>	<b>20</b>
<b>BIJLAGEN</b>	
<b>1 Sectoren zonder koeling</b>	

## Samenvatting

Dit onderzoek analyseert het elektrisch energieverbruik van koeling in de sectoren voedingsmiddelen en genotsindustrie (V&G), overige industrie en de groep dienstensector, overheid en agrarische sector. Het verbruik wordt geanalyseerd voor 40 bedrijfssectoren. Het energieverbruik voor compressiekoeling blijkt relevant. Het onderzoek geeft het potentiële effect van energiebesparende maatregelen op het energieverbruik en de CO<sub>2</sub>-uitstoot.

Het aandeel elektriciteitsverbruik voor koeling is weergegeven in onderstaande tabel. Op basis van het energieverbruik van koeling is de hoeveelheid warmte berekend die koelinstallaties aan de omgeving afstaan. Dit wordt vergeleken met de totale warmtebehoefte van de sectoren. Een groot deel van de warmte uit koelinstallaties kan de warmtebehoefte vervullen.

Op basis van het energieverbruik voor koeling is een omrekening te maken naar installatiegrootte en vervolgens naar koudemiddelinhoud. Er blijkt circa 3.500 ton aan HCFK's (met name R22) in installaties aanwezig te zijn.

Sector	Finaal warmte verbruik	Finaal elektriciteit verbruik	Gem. % koeling van elektriciteit verbruik	Elektriciteit voor koeling	Condensor warmte 40° C	Hoeveelheid aanwezige koudemiddelvulling		
	PJ/j	PJ/j	%	PJ/j	PJ/j	ton NH3	ton HCFK	ton HFK
	Voedingsmiddelen en genotsindustrie	59	23	27%	6,0	23,8	1.677	606
Industrie	496	116	11%	12,9	55,5	2.283	2.177	3.356
Dienstensector, overheid, agrarische sector	54	42	24%	10,2	46,5	58	714	5.529
<b>Totaal</b>	<b>609</b>	<b>181</b>		<b>29,1</b>	<b>125,9</b>	<b>4.018</b>	<b>3.498</b>	<b>9.750</b>

### Wat levert het inzicht in deze cijfers op?

Optimalisatie van de inzet van componenten en besturingssystemen leveren op bestaande koelsystemen een energiebesparing van 15% (richtgetal). Bij een eenvoudige terugverdientijd van vijf jaar betekent dat de besparingsdoelstelling gepaard gaat met investeringen ter grootte van ruim 400 miljoen euro (tabel 5.1).

Koelinstallaties leveren warmte die nuttig kan worden ingezet. Indien 40% van deze warmte wordt ingezet ter reductie van aardasverbruik, is 1,6 miljard nm<sup>3</sup> aardgas te besparen (tabel 5.2). Dit gaat gepaard met een investering van eveneens circa 400 miljoen euro om deze besparing te realiseren.

De HCFK-installaties worden de komende jaren omgebouwd of vervangen. Er wordt geschat dat hiermee ruim 1 miljard euro aan investeringen gepaard gaan (tabel 5.3).

### Trends

Optimalisatie van koelinstallaties en hergebruik van hun warmte draagt bij aan de duurzaamheidsdoelstelling van bedrijven. Meer balans ontstaat in de toepassing van natuurlijke koudemiddelen en synthetische koudemiddelen. Lagere temperatuurvraag van processen, hogere temperatuurlevering door hoog rendement warmtepompen zorgt voor meer warmte-integratie. Meer potentieel van (rest)warmtelevering en afstemming op warmtevraag door realisatie van warmtenetten.

Toename in gebruik van meet- en sensortechnieken geeft inzicht in het productieproces waardoor nieuwe verbeteropties in beeld komen.

### **Kansen en uitdagingen**

Mogelijkheden en uitdagingen om de doelstelling van energiebesparing en CO<sub>2</sub>-emissiereductie zijn te realiseren door:

- Installateurs (specialisatie op een bedrijfstak, kennisontwikkeling op warmtetoepassing, innovatie, besturingstechniek).
- Apparatenbouwers (ontwikkeling warmtepompen, warmtewisselaars.;
- Eindgebruikers van koeling (integratie van procesvoering, warmtevraag en koeltechniek, meer eigen inzicht in warmtehuishouding, Total Cost of Ownership ).
- Beleidsmakers (overheid) (stimulering kennisontwikkeling, uitbreiding EIA op besturing en meet- en sensortechnieken).

# 1 Inleiding

In januari 2011 heeft KWA Bedrijfsadviseurs B.V (hierna KWA) het rapport 'Het elektrisch energieverbruik van koelinstallaties in Nederland en de aanwezige koudemiddelen per sector' opgesteld. Het rapport behandelt het energieverbruik van koeling, het warmteaanbod van deze installaties en de hoeveelheid koudemiddelen per sector binnen de industrie en de groep: overheid, dienstverlening en enkele agrarische activiteiten. Dit rapport is de actualisatie en een verdiepingsslag van het onderzoek uit 2011. De vergelijking met 2011 is niet geschikt om een trend in het absolute energieverbruik af te leiden.

Als uitgangspunt voor de bepaling van het energieverbruik wordt het energieverbruik van de industriële bedrijven in Nederland genomen, voor zover dat is vermeld in de resultatenbrochure convenanten Meerjarenaafspraken.

De cijfers van de andere sectoren dan de MJA en MEE zijn afkomstig van bronnen zoals Statline (CBS). Voor de actualisatie zijn meerdere bronnen geconsulteerd, om een zo compleet mogelijk beeld te kunnen verschaffen, immers de MJA en MEE vertegenwoordigen niet de totale industrie.

In vergelijking met het vorige onderzoek van KWA worden de energietabellen nu op finaal energieverbruik gebaseerd in tegenstelling tot primair energieverbruik.

In deze analyse komt de relevantie van de koeltechnische sector in Nederland naar voren als elektrische energieverbruiker en als aanbieder van warmte. Op basis hiervan heeft men inzicht in het effect van energiebesparende maatregelen binnen de koelsector op het energieverbruik en dus op het CO<sub>2</sub>-reductiepotentieel. Dit laatste vormt geen deel van dit onderzoek.

Bij de indeling van hoofdsectoren wordt de indeling gehanteerd van het vorige onderzoek:

- De voedings- en genotmiddelenindustrie
- Industrie (overig)
- Dienstensector, overheid, agrarische sector

Koelinstallaties zijn in feite warmtepompen (of andersom). Door inzage in het elektriciteitsverbruik van koelinstallaties is een omrekening te maken naar de warmte die deze installaties opwekken en kunnen leveren voor nuttige toepassing. Het inzetten van deze restwarmte is een ontwikkeling die steeds meer wordt toegepast. Het biedt een groot potentieel voor reductie van het gebruik van aardgas. Het potentieel van de warmtelevering door koelinstallaties is in dit onderzoek uiteengezet.

Op basis van het energieverbruik per sector is een vertaalslag gemaakt naar de hoeveelheden koudemiddelen die in de installaties aanwezig zijn. Er is immers een relatie tussen het energieverbruik per jaar, het type en de grootte van de koelinstallatie (in kW koelvermogen) en de inhoud van de installatie (kg koudemiddel per kW koudevermogen geïnstalleerd). Deze analyse vindt per sector plaats. In een overzichtstabel wordt het type installatie gekoppeld aan een koudemiddelinhoud per kW koelvermogen.

Er is per sector een inschatting gemaakt van de hoeveelheden naar het type koudemiddel: R22, HFK en het meest gebruikte natuurlijke koudemiddel ammoniak.

De analyse is gerelateerd aan recente KWA-onderzoeken omtrent aanwezige hoeveelheid koudemiddelen en lekkages. KWA heeft deze onderzoeken uitgevoerd in 2013 en 2015.

Op basis van analyses is een trendbeeld gegeven van de deelgebieden:

- koudeopwekking, efficiency, energiebesparing, technologie-ontwikkeling, rol van leveranciers/eindgebruikers;
- warmtelevering en benutting, technologie-ontwikkeling, rol van leveranciers/eindgebruikers;
- een doorkijk ten aanzien van keuze en toepassing van koudemiddelen.

Dit geeft slechts een indicatief beeld, omdat deze onderwerpen een studie op zich zijn.

Door haar kennis van de industriële toepassingen heeft KWA een onafhankelijk beeld van mogelijke ontwikkelingen. Daarnaast is informatie uitgewisseld met enkele brancheorganisaties.



## 2 Elektrisch energieverbruik van koelinstallatie in de industrie en dienstensector

### 2.1 Indeling in sectoren en geraadpleegde bronnen

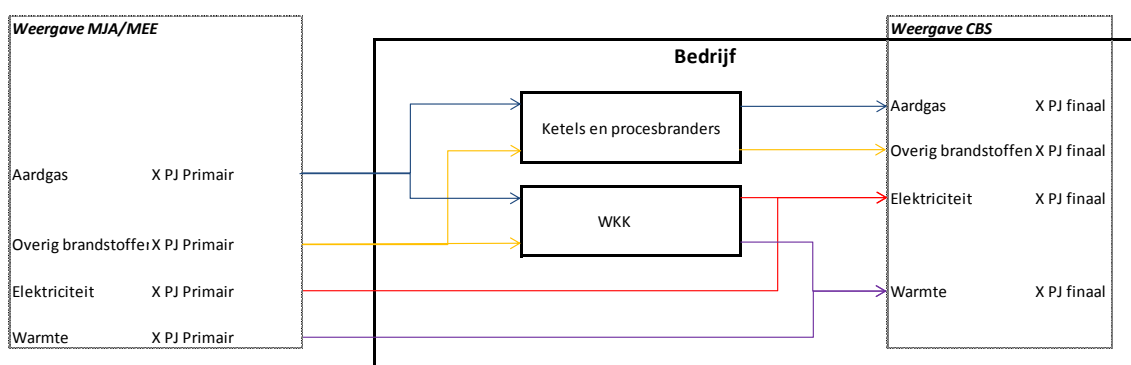
Voor de berekening van het energieverbruik van de sectoren is het energieverbruik van de industriële bedrijven in Nederland als uitgangspunt genomen, zoals dat is vermeld in de Meerjarenaafspraken energie-efficiency: resultaten 2014. Niet alle sectoren die gebruikmaken van koeling zijn vertegenwoordigd in de Meerjarenaafspraken energie-efficiency. De cijfers van de andere sectoren zijn hoofdzakelijk verkregen via Statline van het CBS.

De energieverbruiken van de Meerjarenaafspraken energie-efficiency zijn op een andere manier weergegeven dan de energieverbruiken van het CBS. In het figuur hieronder is het verschil in weergave tussen beide energieverbruiksgegevens grafisch weergegeven.

De MJA/MEE-cijfers zijn gebaseerd op primair energieverbruik. Hierbij is gekeken naar wat er aan energiestromen het bedrijf ingaat en wordt er rekening gehouden met het rendement van de elektriciteitscentrale om elektriciteit op te wekken.

Het CBS laat zien wat er in de bedrijven zelf aan energie wordt verbruikt (finaal energieverbruik). Het energieverbruik van de energiesector zelf wordt apart gerapporteerd. Wanneer een bedrijf een WKK-installatie heeft, geeft het CBS aan wat er door deze installatie aan energiestromen is geproduceerd, dus wat er daadwerkelijk door deze bedrijven is verbruikt. In de MJA/MEE-gegevens staat aangegeven wat er de installaties ingaat.

Voor deze rapportage zijn de MJA/MEE-gegevens omgerekend naar finaal energieverbruik zodat ze zijn te vergelijken zijn met de CBS-cijfers. Er is gekozen om het finaal energieverbruik weer te geven, omdat dit een correctere weergave geeft van het elektriciteitsverbruik binnen de sectoren.



**Figuur 2.1: verschil in weergave tussen MJA/MEE en CBS**

De voedingsmiddelensector, als grote koudegebruiker, is onder te verdelen naar de verschillende sub-sectoren, namelijk: zuivel, bier, vleesverwerkende, margarine, vetten en oliën, cacao, aardappelverwerkende, koffiebrandrijen, frisdranken, groente & fruit visverwerkende, koek-, chocolade-, zoetwaren- en ijsfabrikanten en broodbakkerijen.

Daarnaast zijn gebruikers van koelinstallaties te vinden in de industrie, onder andere in chemische industrie, olie en gasproducenten, koel- & vrieshuizen en rubber- & kunststofverwerkende industrie.

Koelinstallaties vinden ook hun toepassing in de dienstensector en overheid. Hierbij is voor de indeling gekozen zoals deze is vermeld in de Meerjarenaafspraken energie-efficiency: Resultaten uit 2014 aangevuld met de enkele extra sectoren.

Totaalcijfers omtrent energieverbruik voor koeling in de sector airconditioning van gebouwen zijn niet voorhanden. Literatuuronderzoek is gebruikt om op basis van het kantooroppervlak, gemiddelde energieverbruik koeling, aard en gebruik van installaties, het energieverbruik in te schatten.

De sectoren zonder procesgerichte koeling (koelen van processen en productieruimtes) die wel zijn vermeld in de Meerjarenaafspraken energie-efficiency: resultaten 2014, zijn in de overzichtstabel weergegeven onder categorie: *industrie sectoren zonder koeling*. De sectoren in deze categorie zijn opgenomen in bijlage 1. Deze dienen hier enkel om de MJA-cijfers compleet te maken.

KWA heeft bij een groot aantal MJA- en MEE-bedrijven energiebesparingsonderzoeken uitgevoerd, met name in de sectoren waar ook koelinstallaties zijn opgesteld. Ook veel bedrijven die geen MJA- of MEE-deelnemers zijn, zijn door KWA onderzocht voor het uitvoeren van energieaudits in het kader van de EED. Hierdoor is er bij KWA veel kennis aanwezig over de energieverdelingen en dus het aandeel van koeling van de verschillende sectoren.

Op basis hiervan is het energieverbruik per sector omgerekend naar het percentage dat het elektrische primaire energieverbruik van de koelinstallaties representeert.

Tabel 2.1. geeft dit verbruik weer voor een groot aantal bedrijfssectoren. Het elektrisch verbruik voor koeling in de voedingsmiddelen en genotsindustrie is circa 27% van het totale elektrisch verbruik van die sectoren. In de groep industrie ligt dat op 11%. In de groep dienstensector, overheid en agrarische sector bedraagt dit percentage 24%.

Tabel 2.1: energieverbruik voor koeling in de industrie, dienstensector en agrarische sector

Sector	Totaal finaal energieverbruik	Totaal finaal elektrisch energieverbruik	Gem. %-elektriciteit verbruik van finaal verbruik	Gem. % koeling van elektriciteit verbruik	%-elektriciteit koeling van finaal verbruik	Elektriciteitsverbruik t.b.v. koeling per jaar	Elektriciteitsverbruik t.b.v. koeling per jaar
	PJ	PJ	%	%	%	MWh/jaar	PJ/jaar
<b>Voedingsmiddelen en genotsindustrie</b>							
Bierbrouwerijen	2,4	0,8	33%	28%	9%	62.657	0,2
Aardappelenverwerkende industrie	6,6	2,0	30%	55%	17%	308.117	1,1
Cacao-industrie	1,7	0,5	28%	14%	4%	18.057	0,1
Diervoederindustrie	2,7	1,6	60%	5%	3%	22.270	0,1
Frisdranken, Waters en Sappen	0,8	0,3	41%	5%	2%	4.421	0,0
Groenten- en fruitverwerkende industrie	1,7	0,5	27%	25%	7%	33.360	0,1
Koffiebranderijen	0,8	0,2	28%	15%	4%	9.625	0,0
Margarine-, vetten- en oliëindustrie	7,0	2,0	29%	25%	7%	141.988	0,5
Meelfabrikanten	0,6	0,3	58%	2%	1%	1.844	0,0
Vleesverwerkende industrie	2,2	1,2	52%	45%	24%	147.485	0,5
Zuivelindustrie	13,5	4,8	36%	35%	12%	467.500	1,7
Broodbakkerijen	3,7	0,7	19%	45%	9%	90.000	0,3
Visverwerkende industrie	0,5	0,3	56%	50%	28%	34.950	0,1
Koek-, chocolade- zoetwaren- en ijsfabrikanten	1,5	0,3	21%	43%	9%	38.222	0,1
Suikerindustrie	5,5	0,4	7%	2%	0,1%	2.222	0,01
Zetmeelproducenten	6,4	1,7	27%	3%	1%	14.351	0,1
Overige voedingsmiddelen genotsindustrie	24,2	5,1	21%	20%	4%	283.405	1,0
<b>Voedings- en genotmiddelenindustrie</b>	<b>81,8</b>	<b>22,8</b>	<b>28%</b>	<b>27%</b>	<b>7%</b>	<b>1.680.477</b>	<b>6</b>
<b>Industrie</b>							
Chemische industrie	281,1	54,6	19%	12%	2%	1.820.577	6,6
Raffinaderijen	142,8	4,4	3%	15%	0%	181.361	0,7
Nederlandse olie- en gasproducerende industrie	37,5	13,3	35%	18%	6%	663.703	2,4
Rubber- en kunststofindustrie	5,2	3,2	61%	12%	7%	106.137	0,4
Overige industrie	22,6	7,9	35%	8%	3%	175.289	0,6
Koel- en vrieshuizen	1,2	1,1	92%	90%	83%	287.359	1,0
Industriesectoren zonder koeling	100,4	18,8	19%	1%	0%	52.148	0,2
Overige industrie (niet MJA of MEE)	21,1	13,0	62%	8%	5%	288.024	1,0
<b>Totaal industrie</b>	<b>612,0</b>	<b>116,2</b>	<b>19%</b>	<b>11%</b>	<b>2%</b>	<b>3.574.598</b>	<b>13</b>
<b>Dienstensector, overheid, agrarische sector</b>							
Supermarkten	6,3	3,1	48%	88%	42%	746.044	2,7
Hoger beroepsonderwijs	1,1	0,6	50%	9%	9%	13.912	0,1
Universitair medische centra	3,4	1,5	43%	9%	9%	37.109	0,1
Wetenschappelijk onderwijs	3,4	2,0	61%	16%	16%	90.385	0,3
Ziekenhuizen	13,1	6,6	51%	16%	8%	293.795	1,1
ICT-sector	7,0	6,6	95%	22%	96%	405.810	1,5
Horeca (alleen airco)	26,6	7,4	28%	15%	4%	308.333	1,1
Kleine commerciële koeling		2,8		12%	0%	93.333	0,3
Kunstijsbanen en binnen-skisport	0,3	0,2	62%	80%	49%	35.556	0,1
Kantoorgebouwen	34,5	10,8	31%	17%	5%	500.000	1,8
Champignonteelt	0,4				27%	33.333	0,1
Bloembollensector						22.222	0,1
Gekoelde teelt glastuinbouw						122.222	0,4
Melkkoeltanks						121.111	0,4
<b>Totaal</b>	<b>96,1</b>	<b>41,5</b>		<b>24%</b>	<b>11%</b>	<b>2.823.166</b>	<b>10</b>
<b>Totaal alle sectoren</b>	<b>789,9</b>	<b>180,5</b>				<b>8.078.241</b>	<b>29</b>

## 3 Warmtelevering door koelinstallaties en warmtepompen

### 3.1 Potentieel van warmtelevering door reguliere koelinstallaties

Koelinstallaties zijn in feite warmtepompen. Zij brengen warmte van een lagere temperatuur naar een hogere temperatuur. De warmte op deze hogere temperatuur wordt bij het grootste deel van de koelinstallaties niet benut en wordt afgestaan aan de omgeving (buitenlucht). Door deze warmte wel te gebruiken, kan worden bespaard op het verbruik van fossiele brandstoffen en dus op CO<sub>2</sub>-emissies.

In tabel 3.2 is aangegeven dat in totaal circa 126 PJ (totaal industrie, respectievelijk diensten en agrarische sector) aan warmte van op een temperatuurniveau van circa 40°C geleverd kan worden door de koelinstallaties. Een kleiner deel van deze warmte kan op 70°C worden geleverd (persgaswarmte of warmte uit oliekoeling). Met hoge temperatuur warmtepompen (HTwp) kan men tot 90°C komen. Het warmteverbruik van 609 PJ (totaal sectoren, warmte in kolom 1 minus kolom 2), kan met de 126 PJ theoretisch worden gereduceerd.

Tabel 3.1: overzicht van Energie-investeringsaftrek (EIA) maatregelen uit Jaaroverzicht EIA 2011, 2013 voor maatregelen die met warmteterugwinning te maken hebben

EIA investeringen in warmteterugwinning		Aantal	Investerings milj. Euro
<b>Jaarverslag EIA 2013</b>			
Energiezuinige koel- en/of vriesinstallaties	Industrie	252	74,6
	Land- & tuinbouw	33	6,5
Warmteterugwinning op koelinstallaties*	Industrie	283	6,0
	Land- & tuinbouw	259	1,9
Warmtepompen	Industrie	24	9,1
	Land- & tuinbouw	40	2,9
	Gebouwen	233	43,0
	Gebouwen (lucht)	822	33,0
<b>Jaarverslag EIA 2011</b>			
Energiezuinige koel- en/of vriesinstallaties	Processen	234	94,3
Warmteterugwinning op koelinstallaties*	Processen	610	5,8
Warmtepompen	Processen	37	1,4
	Gebouwen bodem/lucht	1.448	71,9

\* deze post betreft ook persluchtinstallaties maar dit aantal is gering

Tabel 3.1 geeft aan welke investeringen zijn gedaan waarop de EIA-regeling heeft plaatsgevonden. De investeringen betreffen warmteterugwinning uit koelinstallaties. Er is aangenomen dat een deel van de energiezuinige koel- en vriesinstallaties met natuurlijke koudemiddelen ook voorzien zijn van warmteterugwinning uit persgassen of oliekoelers.

Deze investeringen zijn om te zetten naar PJ-besparing op warmte. Als wordt aangenomen dat gemiddeld 1 Nm<sup>3</sup> aardgas wordt bespaard (besparingsnorm van de EIA: besparing ligt tussen de 0,6 en 1,5 Nm<sup>3</sup> aardgas equivalenten per euro), dan is de warmtebesparing op aardgas circa 3 PJ voor zowel 2011 als 2013. Noot: aanname hierbij is dat de warmteterugwinning 5% van het investeringsbedrag voor energiezuinige koelinstallaties betreft.

Tabel 3.1 geeft aan dat het aandeel warmtepompen in de industrie in 2013 sterk is gestegen ten opzichte van 2011.

Tabel 3.2: condensorwarmte beschikbaar afkomstig van koelinstallaties

Sector	Totaal finaal energieverbruik	Totaal finaal elektrisch energieverbruik	Elektriciteitsverbruik t.b.v. koeling per jaar	Elektriciteitsverbruik t.b.v. koeling per jaar	Gem. Berekende COP koelinstallaties per branche	Vrijkomende condensorwarmte (T=30-45 °C)	Gemiddelde bedrijfstijd koelinstallaties
	PJ	PJ	MWh/jaar	PJ/jaar	-	PJth/jaar	uur/jaar
<b>Voedingsmiddelen en genotsindustrie</b>							
Bierbrouwerijen	2,4	0,8	62.657	0,2	3,3	1,0	7.000
Aardappelenverwerkende industrie	6,6	2,0	308.117	1,1	2,2	3,5	6.000
Cacao-industrie	1,7	0,5	18.057	0,1	3,5	0,3	5.000
Diervoederindustrie	2,7	1,6	22.270	0,1	4,0	0,4	3.000
Frisdranken, Waters en Sappen	0,8	0,3	4.421	0,0	3,5	0,1	2.500
Groenten- en fruitverwerkende industrie	1,7	0,5	33.360	0,1	2,5	0,4	5.000
Koffiebranderijen	0,8	0,2	9.625	0,0	3,0	0,1	4.000
Margarine-, vetten- en oliënindustrie	7,0	2,0	141.988	0,5	2,5	1,8	5.000
Meelfabrikanten	0,6	0,3	1.844	0,0	4,0	0,0	3.000
Vleesverwerkende industrie	2,2	1,2	147.485	0,5	3,0	2,1	4.500
Zuivelindustrie	13,5	4,8	467.500	1,7	3,5	7,6	5.000
Broodbakkerijen	3,7	0,7	90.000	0,3	2,5	1,1	3.500
Visverwerkende industrie	0,5	0,3	34.950	0,1	2,5	0,4	4.500
Koek-, chocolade- zoetwaren- en ijsfabrikanten	1,5	0,3	38.222	0,1	2,5	0,5	4.500
Suikerindustrie	5,5	0,4	2.222	0,01	4,0	0,04	4.000
Zetmeelproducenten	6,4	1,7	14.351	0,1	4,0	0,3	4.000
Overige voedingsmiddelen genotsindustrie	24,2	5,1	283.405	1,0	3,0	4,1	3.500
<b>Totaal Voedings- en genotmiddelenindustrie</b>	<b>81,8</b>	<b>22,8</b>	<b>1.680.477</b>	<b>6</b>		<b>24</b>	
<b>Industrie</b>							
Chemische industrie	281,1	54,6	1.820.577	6,6	3,5	29,5	7.000
Raffinaderijen	142,8	4,4	181.361	0,7	3,0	2,6	7.000
Nederlandse olie- en gasproducerende industrie	37,5	13,3	663.703	2,4	3,0	9,6	6.500
Rubber- en kunststofindustrie	5,2	3,2	106.137	0,4	4,0	1,9	3.000
Overige industrie	22,6	7,9	175.289	0,6	3,5	2,8	4.500
Koel- en vrieshuizen	1,2	1,1	287.359	1,0	2,0	3,1	4.000
Industrie sectoren zonder koeling	100,4	18,8	52.148	0,2	3,5	0,8	4.000
Overige Industrie (niet MJA of MEE)	21,1	13,0	288.024	1,0	4,0	5,2	4.500
<b>Totaal industrie</b>	<b>612,0</b>	<b>116,2</b>	<b>3.574.598</b>	<b>13</b>		<b>56</b>	
<b>Dienstensector, overheid, agrarische sector</b>							
Supermarkten	6,3	3,1	746.044	2,7	3,0	10,7	4.500
Hoger beroepsonderwijs	1,1	0,6	13.912	0,1	4,0	0,3	2.000
Universitair medische centra	3,4	1,5	37.109	0,1	4,0	0,7	3.000
Wetenschappelijk onderwijs	3,4	2,0	90.385	0,3	4,0	1,6	3.000
Ziekenhuizen	13,1	6,6	293.795	1,1	4,0	5,3	4.000
ICT-sector	7,0	6,6	405.810	1,5	4,0	7,3	8.000
Horeca (alleen airco)	26,6	7,4	308.333	1,1	4,0	5,6	2.500
Kleine commerciële koeling		2,8	93.333	0,3	3,0	1,3	2.500
Kunstijsbanen en binnen-skisport	0,3	0,2	35.556	0,1	2,5	0,4	3.500
Kantoorgebouwen	34,5	10,8	500.000	1,8	4,0	9,0	1.500
Champignonenteelt			33.333	0,1	3,0	0,5	3.000
Bloembollensector			22.222	0,1	3,0	0,3	3.000
Gekoelde teelt glastuinbouw			122.222	0,4	3,5	2,0	2.000
Melkkoeltanks			121.111	0,4	2,5	1,5	2.500
<b>Totaal</b>	<b>95,6</b>	<b>41,5</b>	<b>2.823.166</b>	<b>10</b>		<b>47</b>	
<b>Totaal alle sectoren</b>	<b>789,4</b>	<b>180,5</b>	<b>8.078.241</b>	<b>29</b>		<b>126</b>	

Warmteafgifte bij reguliere koelinstallaties kan plaatsvinden op 30°C tot 50°C. Het energieverbruik van de compressor neemt wel toe bij 50°C ten opzichte van 30°C, maar het blijft energetisch en qua CO<sub>2</sub>-emissie, veel voordeliger om te verwarmen met een warmtepomp. Voor warmtebenutting op 30°C tot 50°C moet een bestaand warmte-vragend systeem in de regel wel worden aangepast. Bij nieuwbouw zijn deze aanpassingen direct te realiseren en is dit economisch veel interessanter.

Warmtelevering tot 90°C is mogelijk door een tweede compressor als warmtepomp op het warmteniveau van 30°C van de koelinstallatie te plaatsen. Dit kost wel meer energie, maar blijft toch een zinvolle optie, omdat de CO<sub>2</sub>-emissie ten opzichte van een ketel-gestookt verwarmingssysteem ongeveer halveert.

## 4 Koudemiddelenhoeveelheden per sector

Op basis van het energieverbruik per sector is een vertaalslag gemaakt naar de hoeveelheden koudemiddelen die in de installaties aanwezig zijn (tabel 4.2). Er bestaat immers een relatie tussen het energieverbruik per jaar, het type en de grootte van de koelinstallatie (in kW koelvermogen) en de inhoud van de installatie (kg koudemiddel per kW koudevermogen geïnstalleerd).

Op basis van de kWh elektrisch energieverbruik van compressoren is middels de COP (Coëfficiënt Of Performance), het aantal draaiuren per jaar en een gemiddelde belastingfactor van 30% het geïnstalleerde koudevermogen berekend.

Met dit koudevermogen is, met behulp van een factor 'kg koudemiddel per kW koudevermogen geïnstalleerd', de hoeveelheid aanwezige koudemiddel berekend per sector. Per sector is vervolgens een inschatting gemaakt van de hoeveelheden naar het type koudemiddel: HCFK (R22), HFK en NH<sub>3</sub> als natuurlijke koudemiddel.

In de volgende tabel is per type installatie een koudemiddelinhoud per kW koelvermogen opgenomen. KWA is als adviseur betrokken geweest bij tal van koelinstallaties, bij de verbetering van bestaande installaties en nieuwbouwinstallaties. Op basis hiervan is tabel 4.1 samengesteld.

**Tabel 4.1: inhoud koudemiddel per kW koelvermogen geïnstalleerd voor verschillende toepassingen**

Applicatie sectoren		koudevermogen Qo
Koel- en vrieshuizen	Koel-, vries bewaren	0,7 - 2
	Inkoelen, invriezen	tot 3
Voedingsmiddelenindustrie		tot 2
Proceskoeling		0,1 - 1,5
Supermarkten, horeca		0,3 - 1
Comfortinstallaties	Kantoren, zorgcentra	0,2 - 0,8
	Kleinere airco's	0,4

In grote lijnen wordt de factor 'kg koudemiddel per kW koudevermogen geïnstalleerd' bepaald door de volgende systeemontwerpen:

- Koelsysteem met directe expansie (factor: 0,3 kg/kW).
- Systeem met badverdamer of 'flooded' verdamer en koudedragers (factor: 0,6 kg/kW).
- Pompcirculatiesysteem en afscheidervat met koudemiddel via een uitgebreid leidingnet door alle verdampers circulerend (factor: 1 tot 2 kg/kW).
- Zwaartekrachtcirculatie met afscheidervat met koudedragers (factor: 0,2 kg/kW).
- Watergekoelde condensor, verdampingscondensor en luchtgekoelde condensor in oplopende volgorde van kg koudemiddel per kW Qo (verhogen de factoren van a tot en met 50% tot 70%).

KWA heeft jaarlijks contacten met circa 400 bedrijven, waarbij men op de hoogte is van de aanwezigheid van klassieke installaties met hoge kg/kW en modernere met lage kg/kW factoren. In tabel 4.2 zijn beide extremen niet opgezocht, maar is getracht een gemiddelde factor voor een sector aan te geven (oude en nieuwe installaties). De trend is dat de hoeveelheid koudemiddel in kg/kW daalt door technische ontwikkeling en ontwerpkeuzes (indirecte systemen met koudedragers).

De levensduur van industriële koelinstallaties bedraagt circa 30 jaar. Voor niet industriële installaties is dit korter (15 tot 25 jaar).

Tabel 4.2: hoeveelheid koudemiddel per sector

Sector	Elektriciteits- verbruik t.b.v. koeling per jaar	Gemiddelde bedrijfstijd koelinstallaties	Geïnstalleerd koelvermogen kW	Type koudemiddel in % koelvermogen			kg koudemiddelvulling per kW geïnstalleerd			Hoeveelheid aanwezige koudemiddelvulling		
				%	%	%	kg	kg	kg	ton	ton	ton
				NH3	HCFK	HFK	NH3	HCFK	HFK	NH3	HCFK	HFK
<b>Voedingsmiddelen en genotsindustrie</b>												
Bierbrouwerijen	0,2	7.000	98.461	90%	5%	5%	1,8	1,0	0,6	160	5	3
Aardappelenverwerkende industrie	1,1	6.000	376.588	70%	15%	15%	1,8	1,4	0,8	475	79	45
Cacao-industrie	0,1	5.000	42.132	65%	15%	20%	1,2	0,8	0,6	33	5	5
Diervoederindustrie	0,1	3.000	98.980	20%	20%	60%	0,3	0,8	0,6	6	16	36
Frisdranken, Waters en Sappen	0,0	2.500	20.631	10%	20%	70%	0,3	0,6	0,6	1	2	9
Groenten- en fruitverwerkende industrie	0,1	5.000	55.601	50%	15%	35%	0,8	1,0	0,6	22	8	12
Koffiebranderijen	0,0	4.000	24.063	30%	20%	50%	0,5	1,0	0,6	4	5	7
Margarine-, vetten- en oliënindustrie	0,5	5.000	236.647	60%	30%	10%	1,0	1,5	0,6	142	106	14
Meelfabrikanten	0,0	3.000	8.197	5%	20%	75%	0,3	0,8	0,6	0	1	4
Vleesverwerkende industrie	0,5	4.500	327.745	65%	10%	25%	0,8	1,2	0,8	170	39	66
Zuivelindustrie	1,7	5.000	1.090.834	65%	10%	25%	0,8	0,8	0,8	567	87	218
Broodbakkerijen	0,3	3.500	214.286	25%	20%	55%	0,6	1,5	0,6	32	64	71
Visverwerkende industrie	0,1	4.500	64.722	30%	20%	50%	0,8	0,8	0,6	16	10	19
Koek-, chocolade- zoetwaren- en ijsfabrikanten	0,1	4.500	70.782	35%	15%	50%	0,8	0,8	0,6	20	8	21
Suikerindustrie	0,01	4.000	7.407	20%	10%	70%	0,3	0,8	0,6	0	1	3
Zetmeelproducenten	0,1	4.000	47.838	25%	15%	60%	0,5	0,8	0,6	6	6	17
Overige voedingsmiddelen genotsindustrie	1,0	3.500	809.728	10%	25%	65%	0,3	0,8	0,6	24	162	316
<b>Voedings- en genotmiddelenindustrie</b>	<b>6</b>		<b>3.594.642</b>							<b>1677</b>	<b>606</b>	<b>865</b>
<b>Industrie</b>												
Chemische industrie	6,6	7.000	3.034.296	10%	25%	65%	0,6	1,0	0,4	182	759	789
Raffinaderijen	0,7	7.000	259.088	15%	20%	65%	0,6	0,8	0,4	23	41	67
Nederlandse olie- en gasproducerende industrie	2,4	6.500	1.021.081	10%	30%	60%	0,6	0,6	0,6	61	184	368
Rubber- en kunststofindustrie	0,4	3.000	471.721	2%	20%	78%	0,3	0,6	0,6	3	57	221
Overige industrie	0,6	4.500	454.453	10%	30%	60%	0,6	0,6	0,6	27	82	164
Koel- en vrieshuizen	1,0	4.000	478.932	40%	15%	45%	1,2	1,5	0,8	230	108	172
Industriesectoren zonder koeling	0,2	4.000	152.099							0	0	0
Overige Industrie (niet MJA of MEE)	1,0	4.500	853.404	5%	30%	65%	0,3	0,6	0,6	13	154	333
<b>Totaal industrie</b>	<b>13</b>		<b>6.725.072</b>							<b>2.283</b>	<b>2.177</b>	<b>3.356</b>
<b>Dienstensector, overheid, agrarische sector</b>												
Supermarkten	2,7	4.500	1.657.877		2%	98%		0,8	0,8	0	27	1300
Hoger beroepsopleiding	0,1	2.000	92.745		8%	92%		0,6	0,4	0	4	34
Universitair medische centra	0,1	3.000	164.928		8%	92%		0,6	0,4	0	8	61
Wetenschappelijk onderwijs	0,3	3.000	401.709		8%	92%		0,6	0,4	0	19	148
Ziekenhuizen	1,1	4.000	979.316		8%	92%		0,6	0,4	0	47	360
ICT-sector	1,5	8.000	676.350		8%	92%		0,6	0,6	0	32	373
Horeca (alleen airco)	1,1	2.500	1.644.444		20%	80%		0,6	0,6	0	197	789
Kleine commerciële koeling	0,3	2.500	373.333		15%	85%		0,6	0,6	0	34	190
Kunstijsbanen en binnen-skisport	0,1	3.500	84.656	70%	2%	28%	0,6	0,8	0,6	36	1	14
Kantoorgebouwen	1,8	1.500	4.444.444	2%	10%	88%	0,2	0,6	0,4	18	267	1564
Champignonteelt	0,1	3.000	111.111	10%	10%	80%	0,3	0,6	0,6	3	7	53
Bloembollensector	0,1	3.000	74.074	5%	20%	75%	0,3	0,6	0,6	1	9	33
Gekoelde teelt glastuinbouw	0,4	2.000	712.963	10%	90%		0,6	0,6	0,6	0	43	385
Melkkoeltanks	0,4	2.500	403.704		8%	92%		0,6	0,6	0	19	223
<b>Totaal</b>	<b>10</b>		<b>11.821.656</b>							<b>58</b>	<b>714</b>	<b>5.529</b>
<b>Totaal alle sectoren</b>	<b>29</b>		<b>22.141.370</b>							<b>4.018</b>	<b>3.498</b>	<b>9.750</b>

De methode om vanuit energieverbruiken om te rekenen naar koudemiddelinhouden kent onnauwkeurigheden. De relatie blijkt in de praktijk goed te werken voor een individuele installatie. Door de gemiddelde bedrijfstijd te verlagen of de COP te verhogen in de berekening, wordt het koudevermogen hoger en daarmee de inhouden. De genoemde bedrijfstijd is reëel bij een belastingfactor van 30%. Ook de kg koudemiddel/kW factor kan hoger worden opgegeven, maar er is een realistische bovengrens (zie tabel 4.1)

Tabel 4.2 toont circa 4.000 ton aan ammoniak en circa 13.000 ton aan HCFK plus HFK-koudemiddelen. Voor wat betreft de synthetische koudemiddelen komt dit overeen met voorgaande onderzoeken van KWA naar koudemiddelenhoeveelheid. De 4.000 ton NH<sub>3</sub> lijkt ons een hoge waarde.

## 5 Trendanalyse

### 5.1 Stimulans vanuit wet- en regelgeving en producteisen

Het blijkt steeds weer dat regelgeving een grote invloed heeft op het ontwerp van koeltechnische installaties. Grote drijfveren daarbij zijn de veiligheid van installaties en milieutechnische overwegingen. Regelgeving en richtlijnen zijn bijvoorbeeld: het Warenwetbesluit drukvaten (PED Pressure Equipment Directive), de EN 378, PGS 13, BEVI/REVI, Energy Efficiency Directive (EED), het Energie Akkoord, Montreal-protocol en de opvolgers daarvan, recentelijk de uitfasering van R22 en het F-gassenbesluit. Deze wet- en regelgeving en de voortdurende wijzigingen daarin hebben gezorgd voor continue uitdagingen voor, en ontwikkelingen in de koudetechniek.

Niet alleen de techniek verandert voortdurend, maar ook organisatorische zaken, ontwikkelingen rondom de installaties, zoals opleiding en certificatie van personen die zich met de koudetechniek bezighouden, (centrale) registratie van werkzaamheden en veiligheidsvoorzieningen rondom de installatie.

De ontwikkelingen bij de toepassing van koude zijn ook aanleiding tot veranderingen, zoals: hoge eisen aan hygiëne, risico van contaminatie, houdbaarheid en kwaliteit van voeding (bijvoorbeeld superchilling) en niet voeding gerelateerde producten.

### 5.2 Duurzaamheid in de koudetechniek

Daarnaast wordt van de koudetechniek ook verlangd invulling te geven aan de duurzaamheidsdoelstelling van bedrijven. De trias energetica zijn voor de koudetechniek te vertalen naar zes aandachtspunten ten aanzien van duurzaamheid:

1. Reduceer de vraag naar koude (goede isolatie, vermijd warmtebronnen in de gekoelde ruimte, niet kouder dan nodig, et cetera).
2. Maak gebruik van hernieuwbare energie of natuurlijke koudebronnen (zon, wind, biomassa, koude uit diepe meren, koude uit de buitenlucht, grondwater middels WKO).
3. Kies een efficiënte koudecyclus (koudemiddel, onderkoeling, et cetera).
4. Pas materialen toe die milieuvriendelijk zijn (isolatie, staal, kunststof, type koudemiddel, koudedragers) en denk aan hergebruik (modules, mobiele units, circulaire economie).
5. Pas efficiëntie-componenten toe (compressoren, pompen, ventilatoren, grote warmtewisselaars) en stem deze goed op elkaar af (besturing en regeling).
6. Gebruik de restwarmte van de koelinstallatie (persgas- en condensatiewarmte).

### 5.3 Warmtelevering door koelinstallaties

Dit onderzoek naar het energieverbruik van koelinstallatie in diverse bedrijfssectoren in Nederland geeft een overzicht van warmte en elektrisch energieverbruik, voor het grootste deel opgewekt met fossiele brandstoffen, in relatie tot het energieverbruik van koelinstallaties.

Voor de drie hoofdgroepen-sectoren geeft de volgende tabel (afgeleid uit tabel 3.2) de warmtevraag in verhouding tot de warmtehoeveelheid die door koelinstallaties wordt afgestaan.

Tabel 5.1: totaal finale warmteverbruik en beschikbare condensorwarmte van koelinstallaties

Sectoren met koeling en energiegebruik	Finaal warmte verbruik	Finaal elektriciteit verbruik	Elektriciteit voor koeling	Condensor warmte 40° C
	PJ/j	PJ/j	PJ/j	PJ/j
Voedingsmiddelen en genotsindustrie	59,0	22,8	6,0	23,8
Industrie	495,8	116,2	12,9	55,5
Dienstensector, overheid, agrarische sector	54,1	41,5	10,2	46,5



Het overheidsbeleid is gericht op het stimuleren van de inzet van restwarmte om het verbruik aan fossiele brandstoffen te reduceren.

Indien men de temperatuurniveaus waarop warmte wordt gevraagd en waarop de koelinstallaties de warmte aanbieden buiten beschouwing laat, dan kan het verbruik van fossiele brandstof sterk worden gereduceerd indien de warmte van koelinstallaties nuttig gebruikt gaat worden.

In de praktijk vormen deze temperatuurniveaus wel knelpunten.

#### **5.4 Toekomstperspectief: vervangingsmarkt en nieuwbouw:**

Eerder onderzoek van KWA (Steekproefonderzoek naar de totale koudemiddelinhoud en het gemiddelde lekpercentage van HFK en HCFK in Nederland 2011-2013, september 2015) geeft aan dat er nog veel R22-installaties in bedrijf zijn (circa 28% van het totaal aan HFK- en HCFK-gassen). Deze worden in de komende jaren vervangen (verbod op onderhoud aan R22-installaties per 1 januari 2015). Dit is het moment om deze te vervangen door installaties die zo maximaal mogelijk hun condensorwarmte weer inzetten. Hier ligt een vervangingsmarkt.

De F-gassen regelgeving zorgt voor een afnemende beschikbaarheid van HFK-koudemiddelen op de markt, vooral na 2018 wordt dit voelbaar. Dit betekent dat de nieuwbouw-koelinstallaties worden uitgevoerd met een lage koudemiddelinhoud (bijvoorbeeld indirect systeem, microchannel warmtewisselaars), een koudemiddel met een lage GWP-waarde en maximale inzet van condensorwarmte.

De natuurlijke koudemiddelen, zoals ammoniak, CO<sub>2</sub> en propaan krijgen steeds meer belangstelling vanwege geen of zeer kleine GWP-waarde en een hoge energie efficiency, met name in industriële en commerciële omgeving. Deze installaties worden steeds meer ontwikkeld en uitgevoerd voor specifieke nieuwbouwtoepassingen (bijvoorbeeld CO<sub>2</sub> in supermarkten, NH<sub>3</sub> in combinatie met CO<sub>2</sub> in vriestoepassingen).

Daarnaast worden de synthetische lage GWP-koudemiddelen zoals de HFO-koudemiddelen steeds meer toegepast. Zij worden het alternatief voor de HFK-koudemiddelen. Het is de vraag of deze synthetische koudemiddelen door hun fabricage en hun afbraakproducten (die niet in de natuur thuishoren) als duurzaam kunnen worden bestempeld. HFO's vormen in de atmosfeer TFA's (tetrafluor azijnzuur), een in hoge concentratie giftige stof. Toepassing ervan past niet in een cradle to cradle perspectief. Het gebruik van HFO's vraagt in elk geval om dezelfde zorgvuldigheid in de omgang bij ontwerp en onderhoud, zoals die hoort bij de HFK-koudemiddelen waarop de F-gassenregeling van kracht is.

De F-gassenregeling is in het leven geroepen omdat men een enorme groei voorzag in de komende jaren in de toepassing van HFK-koudemiddelen. Het is niet onwaarschijnlijk dat de HFO's deze rol als groeier gaan overnemen.

Nieuwbouw en de grotere vervangingsmarkt leveren juist dé momenten om de nieuwe warmtevoorziening met koudetechniek en warmtepomptechniek te realiseren. Inbreken in bestaande concepten is beperkt renderend.

#### **5.5 Energie efficiency en inzet van warmte**

De inzet van condensorwarmte van koelinstallaties verhoogt het energetisch rendement met 5% tot 15%, afhankelijk van de hoeveelheid warmte en de bedrijfstijd, door het vermijden van gebruik van primaire brandstoffen. Met dit voordeel kunnen HFK's en HFO's hun lagere rendement ten opzichte van de natuurlijke koudemiddelen compenseren. Niettemin geldt 5% tot 15% verbeteringen ook voor de natuurlijke koudemiddelen.

De koeltechnische markt heeft de warmteterugwinning middels persgaswarmte en condensatiewarmte reeds opgepakt. De EIA-investeringslijsten van gerealiseerde projecten heeft een lijstcode voor warmteterugwinning uit koelinstallatie en perslucht. Het blijkt dat deze code met name warmteterugwinning uit koelinstallaties betreft. Koelinstallateurs zijn dus actief bezig deze besparingsoptie te realiseren. Veel installaties zijn uitgevoerd met een mate van warmteterugwinning.

De markt voor warmtepompen is ook steeds groeiende. De koudebron daarbij is te vinden in lucht, bodem, grondwater, oppervlaktewater en restwarmte uit processen. Een van die processen is de koelinstallatie. Condensatiewarmte van de koelinstallatie kan door een hogedruk warmtepomp opnieuw worden ingezet op temperatuurniveaus van 85°C tot 90°C. Warmtepompen stellen specifieke eisen aan hun regeling, zij moeten immers zowel in de koude- als in de warmtevraag voorzien, terwijl de processen aan beide zijden voortdurend veranderen.

### **5.6 Knelpunten**

Niettemin is het potentieel voor inzet van deze warmte groter. Het knelpunt zit in het feit dat het inzicht van het warmtegebruik vaak onvoldoende is. De warmtegebruiker heeft geen gegevens omtrent vermogens en gebruiksduur. Vaak zijn wel jaargemiddelden van warmtehoeveelheden bekend (kJ), maar voor het slagen van een warmteterugwinningsproject is kennis nodig van vermogens (kW) en bedrijfsuren. De warmte-technische installateurs zijn maar beperkt bekend met de koeltechniek, de koeltechnische installateurs verwerven maar weinig inzicht in de warmtehuishouding. Daarnaast kunnen leveranciers van apparaten en besturing voor warmtewisseling hun concepten op dit gebied doorontwikkelen en promoten. Dit voorkomt dure en risicovolle custom made oplossingen.

De verwachting is dat twee stromingen zich gaan vormen in specialisatie van installateurs: de industriële en commerciële markt enerzijds en de gebouwde omgeving anderzijds. Beide installateursgroepen moeten zowel goede kennis hebben van de koudetechniek (koeltechniek en warmtepomptechniek) als van de verwarmingstechniek (warmwater ketels, stoomketels, wkk, et cetera) en inzicht in de warmtevraag zoals genoemd.

Een andere oplossing ligt in de vraag of eindgebruikers accepteren dat warmtevragen processen op lagere temperaturen plaatsvinden en apparatenbouwers van procesapparatuur hiermee in hun ontwerp rekening gaan houden. Hogere temperaturen met hoge efficiency van warmtepompen maken het warmtehergebruik van koelinstallaties mogelijk, respectievelijk rendabeler.

### **5.7 Warmtenetten**

Bij toepassing van restwarmte (warmteoverschot) is het knelpunt het afstemmen van de warmtevraag en het warmteaanbod. Warmtenetten bieden hierbij een oplossing, eventueel in combinatie met warmte-opslag. Warmtenetten worden rendabel als langdurige afspraken worden gemaakt met warmtevragers en aanbieders. Soms moeten besluiten worden gemaakt voor een lokale warmtevoorziening terwijl een warmtenet nog niet is aangelegd. De juiste ontwerpkeuze, respectievelijk engineering, dient te worden toegepast om in de toekomst de aansluiting op het warmtenet alsnog te maken. Dit vraagt om flexibele ontwerpen van technische systemen. Een voorbeeld is het plaatsen van de warmtevoorziening niet midden in het bedrijf, maar aan de zijde waar het meest waarschijnlijk is dat warmte kan worden uitgewisseld met een warmtenet.

## 5.8 Resumé

Gesteld kan worden dat de technieken voor inzet van restwarmte en daarmee reductie van fossiele brandstoffen voor verwarming aanwezig zijn. De aspecten die de toepassing hiervan bevorderen zijn:

- Kennis van en inzicht verwerven in de warmtevraag, bereidheid om op lagere temperaturen te ontwerpen.
- Betrouwbare en kosteneffectieve apparaten beschikbaar hebben.
- Langere termijnvisie van de voordelen, bekijk de rentabiliteit over een langere periode van de gebruiksduur.
- Opsporen van de projecten waar grote wijzigingen in installaties voor warmtevoorziening op til zijn, bij vervanging of nieuwbouw.

Noot: koel- en warmtepompconcepten anders dan concepten gebaseerd op compressie koeltechniek, zijn hier niet behandeld daar dit onderzoek zich richt op compressietechniek met mechanische compressoren (95% van de toepassingen).

# 6 Kansen voor stakeholders; wat kun je doen met het inzicht uit de tabellen

## 6.1 Het energieverbruik per bedrijfssector (koude en warmte) en de betekenis voor de installatiesector.

Per bedrijfssector zijn typische uitvoeringen van koelinstallaties te herkennen. Overeenkomsten zijn onder andere te vinden in toegepaste verdampingstemperaturen en systeemkeuze (direct, indirect systeem, een- tweetraps systeem, et cetera) Met dit inzicht en kennis van het productieproces kunnen installateurs optimalisaties en besparingen ontwikkelen in de koelsystemen voor die specifieke bedrijfssector. De besparingen zijn te relateren aan de PJ uit tabel 2.1 waardoor inzicht ontstaat hoeveel geld er wordt bespaard voor de sector en welk marktpotentieel (omzet voor installateur) daarmee samenhangt. Zie tabel 6.1

**Tabel 6.1: investeringsverwachting in de sectoren bij 15% besparing op koelinstallaties**

Sectoren	Besparing via maatregelen	Besparing	Besparing bij 7 ct/kWh	Investeringsruimte bij
		MWh/jr	Miljoen Euro	TVT 5 jr Miljoen Euro
Voedingsmiddelen en genotsindustrie	15%	250.000	17,6	88
Industrie	15%	540.000	37,5	188
Dienstensector, overheid, agrarische sector	15%	420.000	29,6	148

Indien de installatiebedrijven bovendien kennis opbouwen van de warmte-vragende processen, ontstaat goed inzicht in de besparing op warmte- of aardgasverbruik. Indien 40% van de condensorwarmte wordt ingezet om aardgasverbruik te vermijden, ontstaat het resultaat in aardgasbesparing zoals vermeld in tabel 6.2 (zie ook tabel 3.2). Ook dit biedt een marktpotentieel voor de installatiesector.

**Tabel 6.2: te verwachten aardgasbesparing indien 40% van de condensorwarmte wordt ingezet in het warmteverbruik**

Sectoren met koeling en energiegebruik	Finaal warmte verbruik	Finaal elektriciteit verbruik	Elektriciteit voor koeling	Condensor warmte 40° C	Aandeel inzetbaar	Aardgas besparing
	PJ/j	PJ/j	PJ/j	PJ/j		nm <sup>3</sup>
Voedingsmiddelen en genotsindustrie	59,0	22,8	6,0	23,8	40%	300.700.000
Industrie	495,8	116,2	12,9	55,5	40%	702.000.000
Dienstensector, overheid, agrarische sector	54,1	41,5	10,2	46,5	40%	588.000.000

Het is de uitdaging voor installatiebedrijven om zich te specialiseren op een of meerdere bedrijfssectoren zodat innovatieve concepten ontstaan met een hoog potentieel tot verbeteringen en energiebesparing. Alleen een bedrijf met gespecialiseerde kennis is in staat de 'state of the art' naar een hoger plan te tillen.

Met de kennis van het type installatie en de bijbehorende bedrijfssector kan een koelsysteem worden geoptimaliseerd. Vaak is een intelligente besturing van de installatie een voorwaarde.

#### Kansen voor de installateurs voor succesvolle energiebesparing (efficiency verhoging koelsysteem en warmtehergebruik)

- Waardecreatie door te investeren in kennis en ontwikkeling. Innovatie door specialisatie in de koelinstallatie van de specifieke bedrijfssector: systeemkeuze, apparatenkeuze, besturing.
- Specialisatie in een bedrijfssector levert continuïteit in die sector en ondersteunt het relatiebeheer. Kennis van het productieproces van de bedrijfssector.
- Vergroting van omzet door toegevoegde waarde (warmtetoepassingen en procesbesturing). Kennis van de warmtehuishouding van een bedrijf: Warmte uitkoppelen uit de koelinstallatie en inpassen in de warmtevraag van het productieproces.

Noot: bij de installateursmarkt is een onderscheid te maken tussen koelinstallateurs en 'warme' installateurs. Om de gewenste warmte- en koude-integratie mogelijk te maken, dienen zij beide vakgebieden te beheersen.

#### 6.2 De koudemiddelen hoeveelheid per bedrijfssector en de betekenis voor de installatiesector

Koudemiddelen zijn bij een koelinstallatie noodzakelijk, maar 'je kunt er beter zo min mogelijk van in huis hebben'. De nadelen die aan koudemiddelen kleven, zijn divers en in de sector bekend. De apparatenbouwers en installateurs leggen zich toe op het steeds verder reduceren van de benodigde koudemiddelhoeveelheid per installatie en kiezen voor koudemiddelen met de minste nadelen.

Opvallend is de nog grote hoeveelheid R22 die in de koelinstallaties aanwezig is. Dit wordt ook onderschreven in de eerdere KWA-onderzoeken.

Vervanging van R22-installaties is het moment om te kiezen voor een installatie met hoge energie efficiency, én de laagste operationele kosten én hergebruik van condensorwarmte.

Bedrijven proberen zo lang mogelijk hun R22-installatie in bedrijf te houden tot bij een calamiteit de vulling is verdwenen. Het alternatief voor een nieuwe of gerenoveerde installatie moet al op de plank liggen, want calamiteiten zijn niet te voorspellen en R22 bijvullen is geen optie meer.

#### Kansen voor installateurs

- R22: maak een strategisch plan voor een korte en lange termijnoplossing. De meeste R22-installaties zijn ouder dan 15 jaar. Dit betekent een grote vervangingsmarkt.
- Vervang de oude R22-installatie door een nieuwe installatie met warmteterugwinning. Bij een HFK-koudemiddel moet men rekening houden met afnemende beschikbaarheid van het middel in de handel. Natuurlijke koudemiddelen hebben het beste rendement.

Op basis van de HCFK-inhoud van de koelinstallaties uit tabel 4.2 is een schatting te maken van de investeringen die de komende tijd plaatsvinden bij vervanging van deze installaties. Gerekend is met rekenfactoren als 0,8 kg vulling per kW koudevermogen en aan investeringen € 300,- per kW geïnstalleerde koudevermogen, zie tabel 6.3. Beide rekenfactoren hebben overigens een grote spreiding; voor kg/kW zie tabel 4.1, een investeringsbedrag voor koeling ligt tussen de € 250,- (airco's) en € 1.600,- (industriële vriesinstallaties).

**Tabel 6.3: te verwachten investeringen ten gevolge van vervanging van HCFK-installaties**

Sector	Hoeveelheid HCFK			Investeringen
	ton	kg/kW koudevermogen	Euro/kW koude	Miljoen Euro
Totaal alle sectoren	3.498	0,8	300	1.312

### 6.3 Kansen voor eindgebruikers en beleidsmakers

Op vergelijkbare wijze zijn kansen voor eindgebruikers en beleidsmakers (overheid) te formuleren.

#### Kansen voor eindgebruikers

- Realiseren van duurzaamheidsdoelstellingen van het bedrijf door energiebesparing en reductie van emissies van CO<sub>2</sub>/broeikasgas.
- Stel een strategisch plan op voor vervanging van R22, indien aanwezig.
- Maak een strategisch plan voor hergebruik van warmte uit de koelinstallatie. In de regel is er weinig inzicht in de eigen warmtevraag, dus meer gaan meten is meer weten.
- Vervanging en uitbreiding van installaties zijn dé momenten om energiebesparingen te integreren. Bekijk de optie om processen op lagere temperaturen te laten werken.
- Vergaande automatisering en besturing van installaties, per installatie en installaties onderling. Dit levert voordelen die verder gaan dan alleen besparing op energie.
- Kostenbesparingen. Energiebesparing is een Lean activiteit. Focus op Total Cost of Ownership

#### Kansen voor beleidsmakers

- In de koudetechniek heeft wet- en regelgeving vaak geleid tot innovatie. Consequent beleid is vanuit dit perspectief gewenst.
- Stimuleer investeringen in opleiding koude en warmte (investeringsfonds, EIA?)
- Stimuleer investeringen in meet- en sensortechnieken en procesbesturingen (EIA) (meer meten, besturen en automatiseren het gebruik van meer en nieuwe sensortechnieken leidt tot verdere procesoptimalisatie en energiebesparing).
- Besparen is nog steeds de meest effectieve en rendabele oplossing in de Trias-energetica.
- Warmteterugwinning uit koelinstallaties draagt bij aan het overheidsbeleid gericht op warmte (kamerbrief Warmtevisie, toepassing van onder andere warmtenetten).

## 7 Bronvermelding

AgentschapNL (2011), Warmte- en koude in Nederland.

CBS (2012), Het energieverbruik voor warmte afgeleid uit de energiebalans – Update 2010.

CBS (2016), Energiebalans: aanbod, omzetting en verbruik (download 01-02-2016).

CBS (2016), Elektriciteit; productie en productiemiddelen (download 02-02-2016).

KWA (2011), Het elektrische energieverbruik van koelinstallaties in Nederland en de aanwezige hoeveelheid koudemiddelen per sector.

KWA (2012), Steekproefonderzoek HFK en R22 emissies, koudemiddelvulling en lekpercentage in de Zuivel, Vlees en Overige voedingsmiddelensectoren.

KWA (2015), Steekproefonderzoek naar de totale koudemiddelinhoud en het gemiddelde lekpercentage van HFK en HCFK in Nederland 2011-2013.

RVO (2015), Resultatenbrochure convenanten Meerjarenafspraken energie-efficiëntie 2014.

Ministerie van Economisch Zaken (2015) kamerbrief-warmtevisie.

N.A. Refa (2014), Improving Industrial Energy Balances in the Netherlands - Based on insights from firms' energy statistics.

## **Bijlage 1: Sectoren zonder koeling**

Sector	Totaal finaal energieverbruik	Totaal finaal elektrisch energieverbruik	Gem .%- elektriciteit verbruik van finaal verbruik
	PJ	PJ	%
Metallurgische industrie	55,5	9,0	16%
Gieterijen	1,4	0,6	41%
Tapijtindustrie	0,4	0,2	36%
Textielindustrie	1,0	0,3	30%
Textielservicebedrijven	1,2	0,2	12%
Glasindustrie	8,9	1,5	17%
Asfaltindustrie	2,4	0,1	6%
Fijnkeramische industrie	0,8	0,1	15%
Grofkeramische industrie	6,2	0,4	7%
Kalkzandsteen- en cellenbetonindustrie	0,7	0,1	15%
Papier- en kartonindustrie	19,2	5,5	29%
Oppervlaktebehandelende industrie	1,1	0,3	29%
Tankopslag en -overslagbedrijven	1,6	0,4	25%
<b>Totaal</b>	<b>100,4</b>	<b>18,8</b>	<b>19%</b>



[www.kwa.nl](http://www.kwa.nl)



## Dé partner voor het bedrijfsleven

100 JAAR **KWA**  
bedrijfs adviseurs

**KWA Bedrijfsadviseurs B.V.**

Regentesselaan 2, Postbus 1526

3800 BM Amersfoort

t 033 – 422 13 08

e [info@kwa.nl](mailto:info@kwa.nl)

i [www.kwa.nl](http://www.kwa.nl)

Dit is een publicatie van:

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland  
Croeselaan 15 | 3521 BJ Utrecht  
Postbus 8242 | 3503 RE Utrecht  
T +31 (0) 88 042 42 42  
F +31 (0) 88 602 90 23  
E klantcontact@rvo.nl  
www.rvo.nl/

Deze publicatie is tot stand gekomen in opdracht van het  
ministerie van Economische Zaken  
© Rijksdienst voor Ondernemend Nederland | september 2016

Publicatienummer: RVO-134-1601/RP-DUZA

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) stimuleert  
duurzaam, agrarisch, innovatief en internationaal ondernemen.  
Met subsidies, het vinden van zakenpartners, kennis en het  
voldoen aan wet- en regelgeving. RVO.nl werkt in opdracht van  
ministeries en de Europese Unie.

RVO.nl is een onderdeel van het ministerie van Economische  
Zaken.