

TNO-rapport
TNO-MEP – R 2000/303

**TNO Milieu, Energie
en Procesinnovatie**

TNO-MEP
Business Park E.T.V.
Laan van Westenenk 501
Postbus 342
7300 AH Apeldoorn

Telefoon: 055 549 34 93
Fax: 055 541 98 37
Internet: www.mep.tno.nl

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-
zoeksopdrachten 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.

© 2000 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.

Veren Ambacht te Ridderkerk

**Inventarisatie energiebesparingsmogelijkheden
en duurzaamheidsopties voor koeling op een
bedrijventerrein**

Datum
augustus 2000

Auteur(s)
Ir. N.R. Bootsvelt
Ir. S. Lobregt

Projectnummer
31338

Projectnummer Novem
344240/0703

Trefwoorden
– **koudecentrale**
– **koeling**
– **energiebesparing**
– **duurzaam produceren**

Bestemd voor
Novem
Drs. M. van Leeuwen
Postbus 8242
3503 RE Utrecht



Nederlandse Organisatie voor toegepast-
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

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

Colofon SPIRIT-eindrapport

Projecttitel: Veren Ambacht te Ridderkerk
Inventarisatie energiebesparingsmogelijkheden en
duurzaamheidsopties voor koeling op een bedrijventerrein
Projectnummer: 344240/0703

Dit project ondersteund in het kader van het Spirit-programma.
Het programma Spirit wordt in opdracht van het Ministerie van Economische Za-
ken uitgevoerd door:

Novem b.v.
Nederlandse onderneming voor energie en milieu b.v.
Postbus 8242
3503 RE UTRECHT
Telefoon: 030 239 34 93
Fax: 030 231 64 91
E-mail: spirit@novem.nl

Novem geeft geen garantie voor de juistheid en/of volledigheid van gegevens, ont-
werpen, constructies, producten of productiemethoden voorkomende of beschreven
in dit rapport, noch voor de geschiktheid daarvan voor enige bijzondere toepassing.

Aan deze publicatie kunnen geen rechten worden ontleend.

Het project is uitgevoerd door:
TNO-MEP
Postbus 342
7300 AH APELDOORN
Contactpersoon: Ir. N.R. Bootsvelt
Telefoon: 055 549 30 85
Fax: 055 549 37 40
E-mail: N.R.Bootsvelt@mep.tno.nl

Meer exemplaren van dit rapport zijn tegen betaling van f 55,20 inclusief BTW en
verzendkosten verkrijgbaar bij:

TNO-MEP
Afdeling Post & Archief
Postbus 342
7300 AH APELDOORN
Telefoon: 055 549 38 80

Management summary

This report deals with efficient cooling at a new to be build plant area for cold stores of different owners. A second opinion is performed on a plan for a combined utility plant for cooling and heating with a CHP engine and absorption cooling. Secondly, improvement measures at the cooling utilities of the individual cold stores are investigated. Clear possibilities exist with fast return on investment of the individual cold utilities.

Heat recovery has potential but requires further investigation, for which the time schedule might not allow.

An interesting option is a compression cold utility using ammonia instead of R404A for a group of smaller cold stores. This allows for the use of a natural working fluid and a reduction in energy use of approximately 30%.

Inhoudsopgave

Colofon SPIRIT-eindrapport	2
Management summary	3
1. Inleiding	5
1.1 Werkzaamheden TNO	5
1.2 Werkwijze en strategie.....	6
1.3 Koelen en verwarmen	7
2. Betrokken partijen.....	8
3. Beschikbare gegevens	10
4. Vaststellen warmte- en koudevraag	11
5. Beoordeling duurzaamheid installaties	12
6. Besparingsopties Veren Ambacht totaal	16
7. Conclusies & aanbevelingen	17
8. Verantwoording.....	19
Bijlagen	
A	Evaluatie van de rapportage “Haalbaarheidsstudie centrale koeling voor bedrijvencluster “Veren Ambacht te Ridderkerk
B	Plattegrond bedrijventerrein Veren Ambacht

1. Inleiding

Veren Ambacht is een bedrijventerrein in de gemeente Ridderkerk, specifiek gericht op bedrijven die een relatie hebben met handel in of bewerken van groente en fruit. Al deze bedrijven hebben koeling nodig als onderdeel van hun normale bedrijfsvoering. Daarnaast is comfortkoeling en verwarming gewenst voor kantoren, als ook verwarming van koelcellen in de winter. Er zijn geen vriescellen voorzien. De gemeente Ridderkerk streeft naar een in de breedste zin duurzaam bedrijventerrein. Het bedrijventerrein sluit aan op het bestaande terrein van de Greenery te Barendrecht.

De energievraag van de bedrijven bestaat met name uit:

- koude voor productopslag en conditioneren van verwerkingsruimten en kantoren
- warmte voor reinigingswater en ruimteverwarming.

In opdracht van Novem is door Koeltechnisch Adviesbureau Verhoef te Apeldoorn een haalbaarheidsstudie uitgevoerd naar de voordelen van centrale koudeopwekking¹. De conclusie van die rapportage is dat centrale productie van warmte, koude en elektriciteit (WKK + absorptie + compressie + verwarming) de meest efficiënte wijze zou zijn om in de energievraag van de bedrijven te voorzien.

Een belangrijk punt bij de opstart van het bedrijventerrein zijn de hoge kosten voor de aansluiting op het elektriciteitsnet. Een mogelijke oplossing is gezamenlijke inkoop via een ander elektriciteitsbedrijf. Dit bespaart aansluitkosten maar heeft op zichzelf geen duurzaamheidsaspect.

1.1 Werkzaamheden TNO

TNO heeft in opdracht van Novem een beoordeling uitgevoerd van een centrale absorptiekoelinstallatie aangedreven met een warmtekrachtinstallatie. De werkzaamheden van TNO bestonden primair uit het uitvoeren van een second-opinion op de haalbaarheidsstudie van bureau Verhoef. De uitgangspunten van deze studie en de rekenresultaten zijn geëvalueerd. Hierbij heeft overleg plaatsgevonden met de bedrijfscontactfunctionaris van de gemeente Ridderkerk (C. Booster), de adviseur van de gemeente, BMA (C. Baars). Verder heeft contact plaatsgevonden met S. Raben van Adviloging als initiator van bedoelde studie en zijn de voorlopige bevindingen doorgenomen met de heren Verhoef en Heeren van bureau Verhoef. De beoordeling is uitgewerkt in bijlage A en reeds op 24 mei als concept ter beschikking gesteld aan de stuurgroep. De stuurgroep bestaat uit vertegenwoordigers van de gemeente Ridderkerk, BMA, DCMR Milieudienst

¹ Haalbaarheidsstudie centrale koeling voor bedrijvencluster "Veren Ambacht" te Ridderkerk, DW 679 015 / 16 november 1999.

Rijnmond, Adviloging en Architectenconsort. Naast deze beoordeling heeft TNO van Novem de ruimte gekregen om de bedrijven op Veren Ambacht alternatieve energiezuinige concepten aan te reiken. Hiermee zou de doelstelling van een “duurzaam bedrijventerrein” dichterbij kunnen komen.

De bedrijven op bedrijventerrein Veren Ambacht zijn momenteel bezig met het opstellen van de programma's van eisen voor de koelinstallaties en c.v. installaties. Adviloging, als penvoerder voor vijf bedrijven en Architectenconsort/Krachtwerktuigen voor één bedrijf, hebben op verzoek de beschikbare gegevens ter beschikking gesteld.

1.2 Werkwijze en strategie

Een duurzaam bedrijventerrein wordt gerealiseerd door de inbreng van verschillende partijen, die allen hun eigen belangen en ambities hebben. De kans van slagen van duurzame opties hangt af van het belangen die ze dienen en de machtspositie van de belanghebbenden. Zo kan bijvoorbeeld de vergunningverlener aandringen op duurzame maatregelen die niet op korte termijn winstgevend zijn voor de bedrijven. Anderzijds is het onmogelijk irreële eisen te stellen aan bedrijven die zich vestigen op het bedrijventerrein.

Het begrip duurzaamheid wordt dermate breed gebruikt dat een nauwkeurige omschrijving buiten het kader van dit rapport valt. Het kan gaan om hernieuwbare energiebronnen, sluiting van kringlopen (recycling), of om het garanderen van continuïteit en aantrekkelijkheid van een bedrijfsterrein.

Een vruchtbare werkwijze is uit te gaan van continu aanwezige factoren op het terrein. Dit kunnen zijn wegen, spoorlijnen, afvalstromen en dergelijke. Deze constante factoren leveren een voortdurende stroom aan producten zoals bijvoorbeeld koud water, afval, duurzame warmte enz. die nu verder niet of niet optimaal benut worden. Ook grootschaliger benutting van functies zoals bijvoorbeeld waterzuivering en transport over water, weg en spoor bieden mogelijkheden. Door het plaatsen van gebruikers achter deze producten en functies kan de keten gesloten worden en aan duurzaamheid een praktische invulling worden gegeven.

Naast de integrale opties worden ook opties binnen de bedrijfsgrenzen onderzocht. Bij duurzame bedrijventerreinen staan de opties tussen bedrijven voor op het netvlies, terwijl grootste en meest kosteneffectieve maatregelen juist binnen de bedrijfsgrenzen bestaan. Belangrijke besparingen kunnen bijvoorbeeld bereikt worden met het ontwerp van de koelinstallatie. Het verschil tussen een energiezuinige installatie en een “standaard”-systeem loopt al snel op tot meer dan 30%. Uit verschillende projecten is ervaren dat energiezuinige installaties als bijkomend voordeel hebben een beperking van de geluidsproductie van de condensors en een verminderde indroging van het product.

1.3 Koelen en verwarmen

De bedrijfsprocessen op Veren Ambacht worden gekenmerkt door koelen van agrarische producten. Daarnaast is warmte nodig voor bv. reinigingswater en ruimteverwarming. Bij koelen komt warmte vrij. Deze is ongeveer gelijk aan de koudevraag + het opgenomen vermogen van de compressoren. Deze warmte is voor ca. 10% beschikbaar op een temperatuur van 50°C. De overige 90% komt afhankelijk van de buitentemperatuur beschikbaar op temperaturen tussen 20 en 40°C. Al deze warmte wordt in de condensors aan de omgeving afgestaan. De warmte kan echter ook nuttig gebruikt worden. Toepassingen zijn onder andere reinigingswater, tapwater bereiding en ruimteverwarming. Warmteoverschotten in de zomer kunnen door opslag in de bodem 's winters weer nuttig gebruikt worden. Hiermee ontstaan technische mogelijkheden voor een energiezuinige en efficiënte bedrijfsvoering.

Naast koeling van AGF (Aardappels, Groente, Fruit) vindt ook klimatisering plaats van kantoren. De benodigde koeling in de zomer en verwarming in de winter hangen sterk af van de mate van isolatie en luchtdichtheid van de gebouwschil en van de warmteterugwinning op ventilatielucht. Bij moderne kantoorgebouwen zijn de ventilatie en de zoninstraling de belangrijkste factoren. Door buitenzonwering toe te passen en warmte (koude)terugwinning op de ventilatielucht, kan de koudevraag worden beperkt. Energie-efficiënte installaties kunnen daarna zorgen voor een goede invulling van die vraag.

Duurzaam koelen is mogelijk als gebruik gemaakt wordt van natuurlijke koude. Een voorbeeld is gebruik van winterkoude die opgeslagen is in aquifers. Of dit nog mogelijk is voor Veren en Ambacht hangt vooral af van de tijdsplanning, de kosten en van de vraag of het lukt de krachten van de bedrijven te bundelen. Een aquifer is namelijk vooral rendabel bij grootschalige toepassing. De benodigde lage temperaturen op Veren Ambacht, maken het gebruik van actieve koeling echter noodzakelijk. Warmte tegen de natuur in transporteren kost energie. Gezien de grote vermogens is een invulling met natuurstroom niet waarschijnlijk. Wel is het mogelijk de benodigde koeling zo efficiënt mogelijk in te vullen, met zo min mogelijk belasting voor het milieu.

2. Betrokken partijen

In de gevoerde gesprekken is een beeld ontstaan van de belangen van de betrokken partijen. Een goed begrip hiervan is van belang voor het vinden van opties die de gezamenlijke belangen dienen. De volgende partijen zijn betrokken:

1. Gemeente Ridderkerk. De interesse van de gemeente voor duurzaamheid is recent ontstaan. Duurzaamheid is vooral belangrijk als bindmiddel voor gezamenlijke verantwoordelijkheid van de bedrijven voor hun bedrijventerrein. Er moet een collectief komen voor bijvoorbeeld parkmanagement, energie en afval. De gemeente wil zo voorkomen dat in de (verre) toekomst aftakeling optreedt.
2. BMA. Adviseert de gemeente bij de onderhandelingen met energiebedrijven en bedrijven op de locatie. Collectief van bedrijven wordt gezien als kans op inkoopvoordeel.
3. TNO-MEP. Zal in een eerste fase in opdracht van Novem¹ de studie (wkk + akv) evalueren en de warmte- en koudevraag per bedrijf vaststellen op basis van beschikbare gegevens.
4. Energiebedrijven. Eneco is de leverancier in dit gebied, maar heeft geen interesse in een koudecentrale, Essent en NUON zijn positief. NUON heeft een presentatie gehouden van de wijze waarop zij outsourcing aanbiedt.
5. Adviloging. Adviseert 5 van de 20 bedrijven bij de koude-installatie en is initiator van de studie naar warmtekracht met absorptiekoeling. Focus is projectmanagement en advisering voor de bedrijven die verhuizen naar het bedrijventerrein. Dringt aan op snelle invulling van de energievoorziening.
6. Bureau Verhoef. Heeft de studie wkk+akv verricht in opdracht van Novem en heeft adviezen verleend ten behoeve van de milieuvergunningen van de bedrijven die Adviloging begeleidt. De laatste heeft gegevens aangeleverd voor de studie naar wkk+akv.
7. Novem stimuleert energiebesparing door ondersteuning van haalbaarheidsonderzoeken (en investeringen), met als doel bevordering van energiezuinig produceren en het verspreiden van daarvoor relevante kennis.
8. DCMR Milieudienst Rijnmond. Wil met de gemeente duurzaamheid bevorderen.
9. De koelbedrijven. Op het terrein komen bedrijven uit de groente en fruit sector. Ze worden gekenmerkt als praktisch. Het is een wereld van snelle beslissingen op het gevoel. Vlotte, effectieve communicatie is belangrijk: men heeft geen tijd voor "flauwekul". De spanwijdte is erg groot: er zijn bedrijven die alles outsourcen en andere (familiebedrijven) die alles zelf doen.
10. De stuurgroep. Hierin hebben zitting DCMR, Architectenconsort, de gemeente Ridderkerk en Adviloging.
11. The Greenery. Zij bezit dat deel van Veren Ambacht, dat niet in bezit is van de gemeente. Wil het terrein met de gemeente ontwikkelen.

¹ Overeenkomstnummer 34420/0703

12. Freshworld. Is de bedrijvenvereniging van de bedrijven aan de overkant. Een deel van de bedrijven aan de overkant komt naar Veren Ambacht. Freshworld is bereid de vereniging uit te breiden maar verwacht daarvoor wel een fee. Uit de inhoudelijke discussie blijkt dat de verwachting leeft dat duurzaamheid en collectieve voorzieningen samengaan. Van de eerste vijf bedrijven zijn gegevens bekend, van de overige 15 nog niet. Baars stelt een groeiscenario voor, waarbij voor groepjes bedrijven centrale voorzieningen worden gemaakt, die aan elkaar geknoopt worden bij uitbreiding. Er is een oplossing nodig die de invulling van de koudevraag van individuele bedrijven goed invult, die duurzaam is en die goed overweg kan met geleidelijke uitbreiding. 5 à 10% van de bebouwde oppervlakte zal bestaan uit kantoren. Hiervoor is een warmtevoorziening nodig.

3. Beschikbare gegevens

De analyse van mogelijkheden voor alternatieve energiezuinige concepten is afhankelijk van de beschikbare gegevens. Daarom wordt hier vastgelegd welke gegevens beschikbaar waren en wie ze verstrekt heeft.

Gemeente Ridderkerk

De dienst Ruimtelijke Ontwikkeling en Beheer, Afdeling Landmeten en Vastgoed-informatie heeft een overzichtstekening ter beschikking gesteld, met nummer 131X480, d.d. 13-04-99. Hierop zijn met de hand de namen van de bedrijven bijgeschreven. Een verkleinde kopie is bijgevoegd in bijlage B. Het terrein is ongeveer 850 x 200 meter.

Adviloking

Adviloking begeleidt vijf bedrijven bij de invulling van de logistiek, de bouw en de keuze van de koelinstallatie. Deze bedrijven zijn L. van Gelder, Pibeko, Bakker&Leenheer, J.B.-Van den Brink. In onderstaande tabel is de beschikbaar gestelde informatie samengevat.

Bedrijf	Status ontwerp	Energiebe-drijfsrapportage	Aanbieder	Koudwater-installatie	Koel-cellen	Airco	Ruimte-verwarming
Bakker & Leenheer	Gereed	Verhoef	Geerlofs Koeltechniek	Geen	692 kW	Ja ? kW	? kW HR ketel
J.B.-Van den Brink	?	Ontbreekt	Geerlofs Koeltechniek (als Bakker & Leenheer)	Geen	892 kW	?	? kW HR ketel
L. van Gelder	gereed	Verhoef	Van Waterschoot	47 kW	244 kW	30 kW	40/60 kW HR ketel
Van Ooijen	Gereed	Verhoef	Geerlofs Koeltechniek	Geen	704 kW	? 16 kWe	60 kW HR ketel
Pibeko	geen	Verhoef (niet ontvangen)	Geerlofs Koeltechniek	Geen	405 kW	?	?

Krachtwerktuigen - Bakker Barendrecht

Status: Er is nog geen ontwerp. Het ontwerpproces wordt na de zomer gestart.

Indicatief is bekend op basis van de milieuvergunning:

- Twee temperatuurniveaus 2°C (3.400 kW) en -9°C (1.600 kW). Het betreft een indirect systeem Omdat detailengineering nog niet is uitgevoerd kan geen uitspraak worden gedaan over de energie-efficiency van de installatie.
- Warmtevraag 330 kW voor ruimteverwarming. Doelstelling is deze warmte volledig uit de koelinstallatie te betrekken. Er wordt nog onderzocht of voldoende warmte uit persgassen ter beschikking is of dat eventueel ook warmte uit de condensor benut moet worden.

4. Vaststellen warmte- en koudevraag

De koudevraag en warmtevraag per bedrijf zijn vastgesteld op basis van beschikbare gegevens. Dit is een momentopname geweest vóór de tabel op bladzijde 9. Dit verklaart ook de afwijkingen met de tabel op bladzijde 9.

Vermeld zijn opgestelde vermogens, die nog weinig zeggen over het verbruik.

Vaak blijkt dat veiligheidshalve grote vermogens gevraagd worden, maar dat de verbruiken beperkt blijven. Dit is nadelig voor het economisch en energetisch rendement van een koudecentrale, omdat de (constante) leidingverliezen gedeeld moeten worden door een kleine afname.

Onderstaande gegevens zijn verstrekt door BMA:

Nr.	Naam bedrijf	Koelvermogen	Elektrisch aansluitvermogen koude-installatie (compressoren, condensoren en verdamperen)	Trafovermogen (t.b.v. koude- installatie + overige installaties)
1	Bakker&Leenheer	285 kW	135 kW	630 kVA (inclusief 10 bedrijfsunits)
2	J.B.-Van den Brink	764 kW	330 kW	630 kVA
3	L. van Gelder	950 kW	400 kW	1000 kVA
4	Van Ooijen	625 kW	230 kW	630 kVA
5	Pibeko	1043 kW	430 kW	1000 kVA

Er zijn dus drie sets met cijfers over de koude en warmtevraag:

- Studie Verhoef bevat cijfers voor 12 fictieve bedrijven;
- Tabel bladzijde 9;
- Tabel bladzijde 10.

5. Beoordeling duurzaamheid installaties

Advilaging licht toe dat bewust gekozen is voor specificaties op hoofdlijnen, waarna op basis van de aanbiedingen een selectie van leveranciers heeft plaatsgevonden. Vervolgens vindt detaillering plaats in overleg met de betrokken bedrijven. Verder wordt voor de gebouwen voldaan aan de checklist duurzaam bouwen.

L. van Gelder

Koelinstallatie:

- Specificaties:** Informatie ontbreekt over de koudevraag afhankelijk van de tijd (dag / jaarcyclus). Hierdoor kan niet beoordeeld worden welke warmte minimaal beschikbaar is. Ook ontbreekt informatie over het presteren van de installatie buiten de ontwerpcondities.
- Offerte:** Prestaties koelers en condensor zijn niet omschreven als functie van temperatuur (verdampend medium / lucht). Hierdoor kan bij in bedrijfstellen niet gecontroleerd worden of systeem naar behoren functioneert. Er is gebruik gemaakt van componenten die in Nederland zelden worden toegepast (wel goed maar Fins fabrikaat). TNO heeft geen gegevens waardoor verdere uitspraken niet mogelijk zijn. Verhoef schrijft "kwaliteit van de uitgebrachte offertes is mager. Er wordt geen volledige omschrijving gegeven van de te leveren installaties." Dit maakt het zeer complex om een uitspraak te doen over de energie-efficiency. Verhoef wijst op enkele eenvoudige besparingsmogelijkheden. Onduidelijk of deze worden toegepast. Gezien de omschrijving van de ruimtes is een verdampingstemperatuur van -8°C voor veel ruimten te laag. Hierdoor wordt te veel vocht verwijderd uit de aanwezige lucht, waardoor meer energie nodig is voor ontdooiing het energiegebruik voor de compressoren toeneemt en het product in kwaliteit achteruit gaat. Argument voor deze lage temperatuur blijkt flexibiliteit, echter dit kan ook met een goed ontwerp + regeling gerealiseerd worden.

Koudwaterinstallatie:

- Specificaties:** summier, afkoelen water van 18°C naar 2°C . Het is onduidelijk waarom 18°C is gekozen, omdat hier leidingwater wordt gekoeld. Uit een toelichting blijkt dat de klant een ruwe marge verlangt vanwege soms slechte ervaringen met de huidige koelinstallatie. Dit pleit voor een koellastberekening en passende engineering, hetgeen nog niet gebeurd is. Aanbevolen wordt de procesvoering en de benodigde koeling integraal te bekijken. Misschien kan warmte worden uitgewisseld of kan een deel van de koeling anders ingevuld worden. De installatie verdampt op -2°C . Dit is tussen standaard en zuinig in.

Airconditioning:

Specificaties/offerte: Verhoef schrijft: "Koeling van een aantal kantoren gebeurt met directe expansie split-units. Er zijn geen gegevens bekend over capaciteit en types." De specificaties zijn bovendien niet helder en luiden "Het is gewenst dat de ruimtetemperatuur in de zomerperiode 5°C kan worden teruggebracht." Als bedoeld wordt de binnentemperatuur 5 °C te koelen onder de buitentemperatuur, dan zijn split-units eigenlijk een te zwaar middel. Deze zijn bedoeld voor volledige airconditioning, inclusief ontvochtiging, maar dat wordt niet gevraagd in de specificaties. De kans is groot dat de installaties daardoor veel intensiever ingezet worden dan vooraf begroot wordt. Als alternatief kan voor deze beperkte koeling gedacht worden aan natuurlijke koeling via een verdampingskoeltoren of via oppervlaktewater. Daarmee wordt het gebruik van koudemiddelen voorkomen en orde-grootte 90% op het energieverbruik van de airconditioning bespaard. In plaats van de split-units wordt een koeltoren geplaatst en aangesloten op een warmtewisselaar in een luchtbehandelingskast. Dit kan dezelfde warmtewisselaar zijn die 's winters voor luchtverwarming zorgt. Een verdampingskoeltoren, produceert water van maximaal 20 °C waarmee topkoeling mogelijk is.

Warmte:

Specificaties / offerte: watertemperatuur van 43°C max. voor warmwater is goed met warmteterugwinning uit koelinstallatie uit te voeren. Dit zal volgens toelichting gebeuren maar is niet terug te vinden in de verkregen aanbevelingen. Waarschijnlijk zal ruimteverwarming ook met de koelinstallatie plaats kunnen vinden. Besparing op aanschaf c.v. ketel, rookkanaal etc.

Pibeko

Beschikbare informatie is te summier voor verdere uitspraken. Reden is dat de huurders nog niet bekend zijn.

Bakker & Leenheer

Koelinstallatie: Cellen op 5 temperatuurniveaus, -2, +2, +4, +7 en +12°C. De +7°C cel wordt in offerte van Geerlofs niet genoemd.

Specificaties: Ontbrekende informatie over de koudevraag afhankelijk van de tijd (dag / jaarcyclus). Hierdoor kan niet beoordeeld worden welke warmte minimaal beschikbaar is. Ook ontbreekt informatie over het presteren van de installatie buiten de ontwerpcondities.

Offerte: Prestaties koelers zijn terug te leiden op verdampingstemperatuur en celtemperatuur. Bij een steekproef constateert TNO t.o.v. de documentatie van de koelerleverancier Helpman diverse afwijkingen: Cel 7 LEX 26-7 heeft een capaciteit (-5/+2 R404a) van 20,3 kW. Hiervan zijn 2 exemplaren geplaatst. De gevraagde koude is 55 kW Geleverd wordt 2 x 20,3. Indien rekening wordt gehouden met leidingverliezen is de capaciteit van de koelers nog minder. Installatie 4 cel 6 THOR 148-8 heeft een capaciteit (-5/+2 R404a) van 18,4 kW x 2 = 36,8 kW. Dit is niet overeenkomstig de gevraagde 49 kW.

De capaciteit van de compressoren is over het algemeen iets minder dan de opgegeven capaciteit. De condensors zijn niet energiezuinig en kunnen volgens Verhoef met een terugverdientijd van 2 jaar beduidend zuiniger worden gemaakt. Ook het ventilatorvermogen is relatief hoog, dit resulteert over het algemeen in een relatief hoge geluidsproductie.

Een energiezuinige condensordrukregeling ontbreekt. Verhoef geeft aan dat dit met een terugverdientijd van 1 jaar verbeterd kan worden. Een PC gestuurde regeling zou worden overwogen.

Airconditioning:

Specificaties: Het is niet duidelijk of airconditioning geplaatst wordt.

Warmte:

Specificaties / offerte: geen opmerkingen.

J.B.-Van den Brink

Overeenkomstig Bakker en Leenheer. De koudevraag is groter en daarmee ook de mogelijkheden tot warmteterugwinning.

Van Ooijen

In totaal 6 verschillende installaties.

Koelinstallatie:

Specificaties: Ontbrekende informatie over de koudevraag afhankelijk van de tijd (dag / jaarcyclus). Hierdoor kan niet beoordeeld worden welke warmte minimaal beschikbaar is. Ook ontbreekt informatie over het presteren van de installatie buiten de ontwerpcondities.

Offerte: Prestaties koelers zijn terug te leiden op verdampingstemperatuur en celtemperatuur. Bij een steekproef constateert TNO t.o.v. de documentatie van de koelerleverancier Helpman diverse afwijkingen: Inst 2 cel 1 LDX 22-7 heeft een capaciteit (-8/-2 R404a) van 11,4 kW. Hiervan zijn 3 exemplaren geplaatst. De

gevraagde koude is 57 kW Geleverd wordt $3 \times 11,4 = 34$ kW. Indien rekening wordt gehouden met leidingverliezen is de capaciteit van de koelers nog minder.

De capaciteit van de compressoren is over het algemeen iets minder dan de opgegeven capaciteit. De condensors zijn niet energiezuinig en kunnen volgens Verhoef met een terugverdientijd van 2 jaar beduidend zuiniger worden gemaakt. Ook het ventilatorvermogen is relatief hoog, dit resulteert over het algemeen in een relatief hoge geluidsproductie.

Een energiezuinige condensordrukregeling ontbreekt. Verhoef geeft aan dat dit met een terugverdientijd van 1 jaar verbeterd kan worden. Een PC gestuurde regeling zou worden overwogen.

Airconditioning:

Specificaties: Het is niet duidelijk of airconditioning geplaatst wordt. Omdat vloerverwarming wordt aangelegd kan deze ook gebruikt worden voor vloerkoeling.

Warmte:

Specificaties / offerte: Weerman spreekt over vloerverwarming als hoofdverwarming. Dit is uitermate geschikt voor warmteterugwinning op de koelinstallatie. Ook de andere warmtevragen kunnen waarschijnlijk met warmteterugwinning worden ingevuld.

Krachtwerktuigen - Bakker Barendrecht

Specificaties: Het plan om de halverwarming te laten plaatsvinden met uitsluitend gebruik van de persgas/condensatiewarmte is positief omdat daarmee aardgasverbruik voor verwarming van kantoren wordt vermeden. Ook de keuze voor een indirect ammoniakstelsel is waarschijnlijk gunstig. De vergelijking met een direct systeem met koudemiddel R404A wordt uitgewerkt in hoofdstuk vijf.

De beschikbare informatie is te summier voor verdere uitspraken.

6. Besparingsopties Veren Ambacht totaal

Een koudecentrale met ammoniak-compressiekoeling

Door Verhoef is de vergelijking gemaakt tussen centrale en decentrale compressiekoeling en de combinatie warmtekracht en absorptiekoeling. Daarbij werd centraal in wezen dezelfde compressiekoeltechniek gebruikt als in de decentrale optie, waardoor geen besparingsmogelijkheid werd gevonden. De leveranciers van Adviloging kiezen echter consequent voor kleine R404A koelinstallaties. Bakker Barendrecht voor een indirect ammoniakstelsel. Het laatste stelsel biedt dan interessante voordelen voor het gehele terrein Veren Ambacht.

Het verschil in energieverbruik is uitgewerkt voor een koelinstallatie van +2°C cel met een condensatietemperatuur van +40°C.

R404A	-5/+40	NH ₃	-9/+40
Bitzer	c.o.p. = 2,6	Grasso*RC 12E	c.o.p. = 3,7
Arbeid/kW koude	1 / 2,6 = 0,38 kW	1 / 3,7	= 0,27 kW
* energiezuinige compressor			

Het indirecte stelsel van Bakker Barendrecht is bij ontwerpcondities (0,38-0,27)/0,38 = 30% zuiniger. Tevens leent het stelsel zich beter voor een energiezuinige condensatiedrukregeling en is door de hoge persgastemperatuur van NH₃ warmer water te produceren. Ammoniak draagt in tegenstelling tot R404a niet bij aan het broeikaseffect.

Een koudecentrale op basis van ammoniak-compressiekoeling komt gezien bovenstaande berekening in aanmerking voor verdere ontwikkeling. De koude-inhoud van een glycolstroom is eenvoudig te meten. Dit leent zich er toe dat een energiebedrijf de NH₃-installatie in beheer heeft en de klant wordt afgerekend op de geleverde koude. Tevens is hierbij de koppeling mogelijk om per twee/drie bedrijven gezamenlijke een koelinstallatie aan te leggen. Aan de bedrijven is het om intern te investeren in leidingwerk en koelers, zoals ze dat normaal ook zouden doen. De duurdere NH₃-installatie is voor het energiebedrijf, maar levert ook besparingen voor het energiebedrijf.

Het verschil met de compressie-koude centrale van bureau Verhoef is dat daar gekozen wordt voor een distributie middels een zoutoplossing. Argument is het voorkomen van onderlinge beïnvloeding van bedrijven bij lekkage in het glycolstelsel. Nadeel is het rendementsverlies door de extra stap.

Aandachtspunt blijft een goede keuze van de temperatuurniveaus. Een indirect stelsel werkt met lagere verdampingstemperaturen waardoor het energieverbruik hoger is dan van een direct stelsel. Dit moet dan gecompenseerd worden door het hogere interne rendement van een NH₃ installatie. Een optimalisatie is nodig.

7. Conclusies & aanbevelingen

Geconcludeerd kan worden dat de mate van detail waarin de koelinstallaties voor de afzonderlijke bedrijven zijn uitgewerkt, sterk varieert. Opvallend is dat de specificaties veelal onduidelijk geformuleerd zijn, wat een risico inhoudt voor de betrokken bedrijven. Zij kunnen te maken krijgen met problemen in de bedrijfsvoering en problematische opleveringsprocedures.

Aanbevolen wordt voor alle koelcellen en kantoren koellastberekeningen en warmtebehoefteberekeningen te laten uitvoeren op basis van het gebouwwontwerp. Daarmee wordt ernstige overdimensionering (= dure installaties en slechte werking) en ook onderdimensionering (= gevaar productkwaliteit) voorkomen. Als vervolgstap kunnen mogelijkheden voor warmteterugwinning worden doorgerekend, evenals het potentieel van een koude/restwarmtecentrale, te plaatsen door b.v. een energiebedrijf.

De volgende maatregelen dienen zonder meer te worden ingevoerd, gezien de reeds berekende terugverdientijden die maximaal circa twee jaar bedragen:

- Persgasontdooing in plaats van elektrische ontdooing.
- Condensors met een grotere oppervlakte. Dit zou al worden overwogen.
- Buitenzonwering kantoren. Adviloking geeft aan dat dit meegenomen zal worden.

Gezien de neiging om op investeringen te besparen is aandacht voor een goede financiering op zijn plaats.

Mogelijkheden voor synergie worden nog onvoldoende benut. Hieronder een onvolledige opsomming van mogelijkheden die nadere uitwerking verdienen:

- Restwarmtebenutting voor ruimteverwarming, warm tapwater. Dit bespaart op de verwarmingskosten voor ruimteverwarming en tapwater. Voor Bakker Barendrecht wordt dit ook al overwogen door de adviserende partijen. Of restwarmtebenutting ook economisch haalbaar is bij centrale koudelevering aan een groep kleinere bedrijven, moet nader worden onderzocht. De beschikbaarheid van restwarmte voor verwarming als het buiten koud is een vraagteken. Indien er onvoldoende overlap in tijd is tussen beschikbare restwarmte en warmtevraag, is buffering noodzakelijk. Dit kan gebeuren in de bodem middels aquifers of bodemwarmtewisselaars, al dan niet geïntegreerd met de heipalen.
- Indirecte ammoniak-compressiekoelcentrale voor een groep van kleinere bedrijven. Dit bespaart circa 30% op het elektriciteitsverbruik voor koeling, mits de temperatuurniveaus goed gekozen worden en de afstanden beperkt blijven.
- Benutting van aanwezige oppervlaktewater voor condensorkoeling of ruimteconditionering (dit hangt wel samen met de milieuvergunning). Potentieel kan het energieverbruik voor koeling met tientallen procenten worden verlaagd, waarbij ook kleinere koelmachines nodig zijn.

- Gebruik van verdampingskoeling voor condensorkoeling en/of ruimteconditionering (topkoeling).

De koudecentrale met warmtekrachtmotor en absorptiekoeling ligt momenteel niet voor de hand. Reden is dat het kritisch tijdspad van de bedrijven die willen investeren in Veren Ambacht onderling sterk verschilt. Daarmee zou geïnvesteerd moeten worden in een grote centrale terwijl slechts een klein deel van de vraag is ingevuld. Een kleinere centrale op basis van wkk+akm loopt vast om technische redenen: de rendementen van kleinere wkk-motoren zijn lager, waardoor het energetisch en financieel rendement verdwijnt. Vanuit duurzaamheidsoogpunt kan nog opgemerkt worden dat de waardering van deze optie als duurzaam, vooral een politieke keuze is. Zij hangt af van de gekozen referentie, waarbij een belangrijke mate van vrijheid bestaat. In bijlage A wordt deze keuzevrijheid nader toegelicht.

8. Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever:

Novem
Drs. M. van Leeuwen
Postbus 8242
3503 RE Utrecht

Namen en functies van de projectmedewerkers:

Ir. N.R. Bootsveld
Ir. S. Lobregt

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

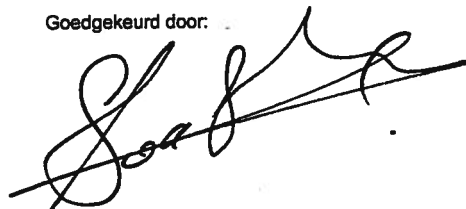
Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad:
mei t/m augustus 2000

Ondertekening:



Ir. N.R. Bootsveld
projectleider

Goedgekeurd door:



Ir. S.M. van der Sluis
afdelingshoofd

Bijlage A Evaluatie van de rapportage “Haalbaarheidsstudie centrale koeling voor bedrijvencluster “Veren Ambacht te Ridderkerk

Evaluatie uitgangspunten

De haalbaarheidsstudie Centrale Koeling Veren Ambacht [1] kent een aantal uitgangspunten die bepalend zijn voor de resultaten.

1. De nadruk ligt op **centrale** opwekking van koude vanuit de veronderstelling dat energiebesparende maatregelen eerder economisch haalbaar zijn bij centrale opwekking. Volgens bureau Verhoef was dit conform de aan haar verstrekte opdracht om te onderzoeken of centrale koeling **economisch** haalbaar zou zijn. Hierdoor zijn echter decentrale mogelijkheden onderbelicht gebleven.
2. In de referentiesituatie, met individuele installaties voor elk bedrijf, worden geen energie-efficiënte technieken toegepast, met uitzondering van een goede condensorregeling en onderkoeling bij een koelinstallatie met twee temperatuur-niveaus. Verder is gekozen voor wat binnen Stimek als standaard geldt. De Stimek-regeling geldt overigens niet in Ridderkerk. Uit ervaring van TNO-MEP blijkt dat juist energie-efficiënte technieken in individuele bedrijven in de regel als eerste benut moeten worden. Hier zijn de grootste verdiensten te halen tegen de laagste investeringen.
3. Bij centrale opwekking wordt een leidingverlies van 2% aangenomen, dus in relatie tot de koudevraag. Dit moet beschouwd worden als de onderkant van wat technisch haalbaar is. In werkelijkheid zijn de verliezen min of meer constant en worden bepaald door de lengte van de leidingen, hun isolatiewaarde en de temperatuur van het transportmedium. Gegevens over leidinglengten ontbreken zodat controle van het effect niet mogelijk is. Aanbevolen worden dat bij de engineering optimalisatie plaatsvindt en terdege aandacht wordt besteed aan de leidingloop en de isolatie, om de verliezen beperkt te houden. Lange leidingen en aansluitingen met weinig vollasturen dienen te worden vermeden. Mochten de verliezen hoger worden, dan zal dat geen grote gevolgen hebben voor de economische haalbaarheid.
4. Er zijn rendementen aangenomen voor de WKK en de absorptiekoelmachine die sterke invloed hebben op de energetische en economische prestaties. WKK: elektrisch rendement 38%, warmte 56%, AKM: 50%. Echter het afkoeltraject voor aandrijving van de absorptiekoelmachine bedraagt 115°C naar circa 95°C. Dit geeft volgens gegevens van de wkk-leverancier een thermisch rendement van 45%. Bij warmtelevering naar de bedrijven kan het secundaire medium retour komen met 80°C, waardoor het thermisch rendement toeneemt naar 51%. De rendementen zijn dus iets lager dan eerder aangenomen. Bureau Verhoef heeft “best case” en “worst case” opnieuw berekend en komt nu op energiebesparingscijfers 14 tot 16% worden (was 18%).
5. De waardering van de energiebesparing en dus het duurzame karakter van de combinatie wkk + akm, hangt vooral af van de keuze voor het opwekkingsrendement van het vermeden elektriciteitsverbruik uit elektriciteitscentrales. Deze

cijfers houden een politieke keuze in en zijn bron van discussie. Bij een laag referentierendement komt de combinatie wkk + akw op een positieve energiebesparing, bij een hoog referentierendement is geen sprake meer van energiebesparing. Er is geen invloed op de economie van het project, wel op de berekende "landelijke" energiebesparing. Senter hanteert voor de EIA en Vamil regelingen: $0,28 \text{ m}^3/\text{kWh}$, of 40,6% op onderwaarde. Volgens de normen van de EPC moet nieuw tegen nieuw vergeleken worden, waaruit een rendement van 55% op onderwaarde zou volgen. Het ontwikkelingsperspectief van STEG-centrales gaat zelfs naar 60% (o.w.). Bij het in de studie aangenomen rendement is onduidelijk of dit betrokken is op boven- of onderwaarde. Dit scheelt circa 10% van de rendementscijfers. Vermeld is 40% of $0,256 \text{ m}^3$ gas per kWh. Uit deze combinatie valt af te leiden dat 40% rendement op bovenwaarde bedoeld is en dus 49,6% op onderwaarde. Gezien de rekenresultaten mag aangenomen worden dat gerekend is met rendement op onderwaarde. Navolgen van de gevolgde berekening in het rapport is niet mogelijk.

Conclusies

De hoofdconclusie van [1] is dat koudeopwekking met een WKK-installatie + absorptiekoeling, de beste optie is. Deze conclusie wordt onderbouwd met de verwachte energiebesparing, de berekende lagere exploitatiekosten en de raming van de meerinvesteringen.

- De verwachte energiebesparing van 8%. Deze hangt sterk af van het gekozen opwekkingsrendement van de vermeden elektriciteitsinkoop. Het rapport is op dat punt niet geheel duidelijk.
- De kostenbesparing wordt geen 18% maar volgens de laatste berekeningen van bureau Verhoef circa 14 tot 16%, als gevolg van de in werkelijkheid iets lagere rendementen in de koudecentrale dan eerder was aangenomen.
- De onderhoudskosten zijn te laag geschat. Bureau Verhoef daarover op 22 mei 2000: "In rapport DW.679.015 d.d. 10 november 1999 is voor de WKK uitgegaan van een onderhoudsprijs van f 5,- per draaiuur. Na overleg met Geveke (leverancier van grote WKK's) blijken de onderhoudskosten f 20,- per draaiuur. Als gevolg van deze prijs zijn de jaarlijkse exploitatiekosten gestegen tot f 6.613.519,-.

Door de stijging van de exploitatiekosten bedraagt de terugverdientijd voor installatie C6 thans 5,9 jaar."

Deze schatting is volgens TNO nog steeds aan de lage kant.

- De geraamde meerinvestering kan niet worden gecontroleerd, omdat achterliggende gegevens ontbreken. Belangrijk voor de financiering is ook het oordeel van subsidieverstrekkers, die niet zonder meer positief zijn over wkk + akw.

Aanbevelingen

- Duurzaamheid veronderstelt een integrale benadering van alle milieuaspecten van handelingen van de mens. Aanbevolen wordt om naast energie ook andere consequenties te evalueren. Te denken valt aan materiaalgebruik, NO_x-uitstoot (verzuring), ruimtegebruik.
- Omdat het bedrijventerrein in fasen bebouwd zal worden overweegt men aan te sturen op kleinere koudecentrales. Een lager elektrisch rendement van de WKK is dan echter het gevolg en de investeringen in de koudecentrales zullen relatief ongunstige worden. De resultaten van de studie zijn niet zonder meer te vertalen naar kleinere koudecentrales volgens het voorgestelde concept. Nadere overweging van het concept wkk + akv is noodzakelijk bij de keuze voor kleinere eenheden.
- De optie decentraal - energiezuinig ontbreekt in de studie. Met de inzet van de juiste instrumenten door de betrokken overheden moet het mogelijk zijn om zuiniger dan standaard koelinstallaties te selecteren, die tevens voldoen aan de economische rendementscriteria van de bedrijven. Neemt men daarnaast bijvoorbeeld ook groene stroom af en wordt op andere onderwerpen duurzaamheid ingebracht, dan is eveneens een bedrijfsterrein te realiseren met een duurzaam karakter. Voordeel van deze optie is de goede aansluiting bij de individuele belangen van de bedrijven.
- In de studie wordt geen aandacht besteed aan de optie koelinstallatie / warmtepomp / bodemopslag. Dit lijkt een zeer aantrekkelijk alternatief. Warmte uit de koelinstallatie wordt opgeslagen in de bodem tegen een lagere condensatietemperatuur (energiebesparend). Deze warmte wordt 's winters benut met warmtepompen, om de kantoren te verwarmen, zodat nogmaals energie wordt bespaard. Deze optie is ook goed op kleiner schaal toe te passen.

Bijlage B Plattegrond bedrijventerrein Veren Ambacht