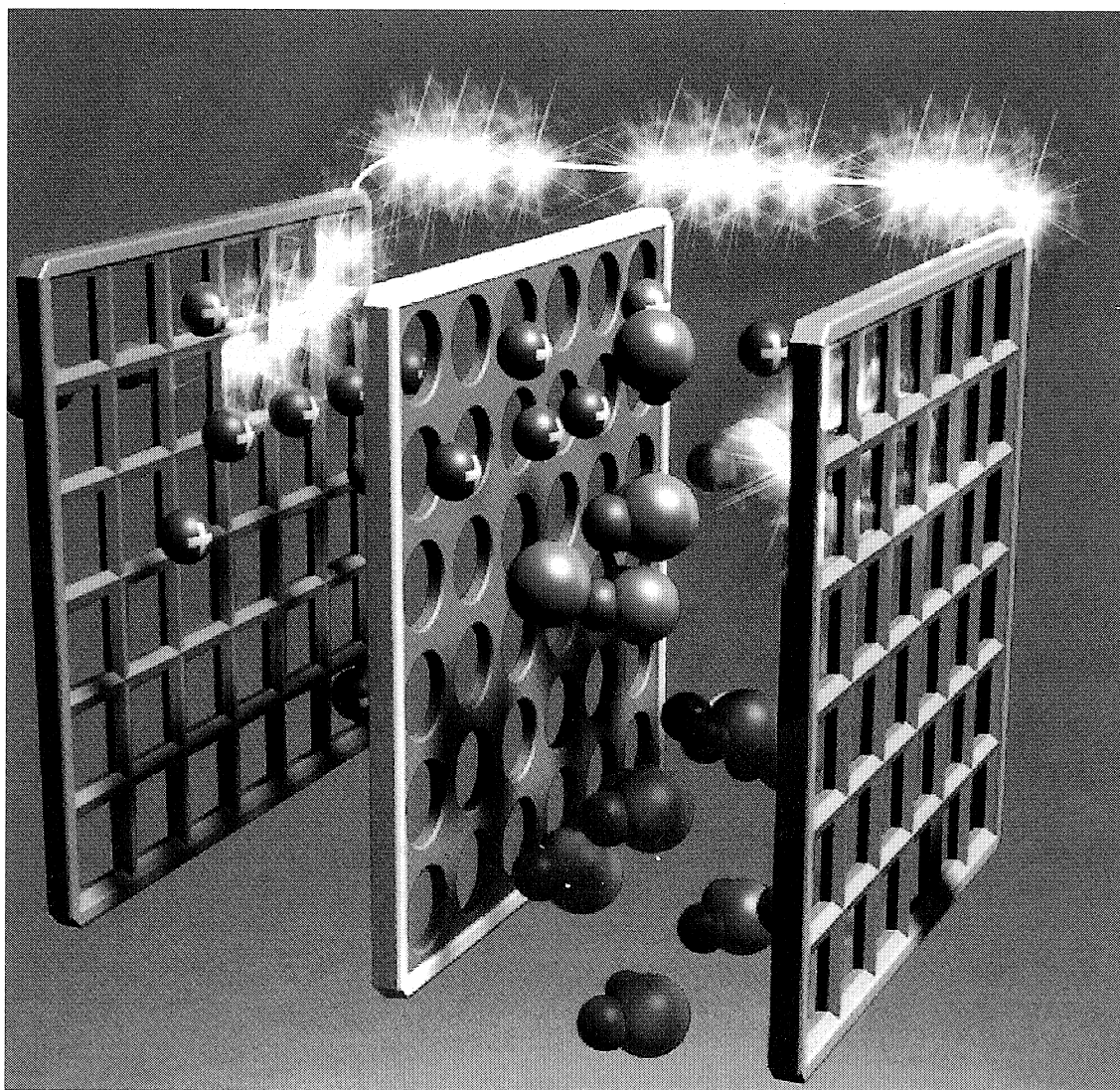


SCRIPTIE HIT 2004
HOOR

Toepassing van de brandstofcel binnen de installatietechniek



door Harold Wilfred ten Hoor

Mediatheek HvU



0300 525 2682

Toepassing van de brandstofcel binnen de installatietechniek

**Een concept waar toepassing van de brandstofcel
wordt gecombineerd met energieopslag in de
bodem**

Afstudeerscriptie: van Harold ten Hoor

Studentnummer: 1107962

Opleiding: Hogere installatietechniek

Hogeschool van Utrecht

Afstudeerbegeleider: de heer J. Verhagen

Beilen, juli 2004

Toepassing van de Brandstofcel binnen de installatietechniek*Inhoudopgave*

<i>1 Inleiding</i>	4
<i>2 Het principe van de Brandstofcel</i>	5
<i>2.1 Inleiding</i>	5
<i>2.2 De werking</i>	5
<i>2.3 Chemische reacties</i>	5
<i>2.4 Verschillende typen Brandstofcellen</i>	6
<i>2.5 Voor en nadelen van de brandstofcel</i>	7
<i>2.6 Recente ontwikkelingen en huidige stand van zaken binnen de installatietechniek</i>	8
<i>3 De FCU 10 van Vaillant</i>	9
<i>3.1 Inleiding</i>	9
<i>3.2 Technische gegevens</i>	10
<i>3.3 Werking van de FCU 10 (zie ook principe schema P1 bijlage)</i>	10
<i>4 Inpassing in een energieopslagsysteem in de bodem</i>	12
<i>4.1 Inleiding</i>	12
<i>4.2 Korte omschrijving van het concept</i>	12
<i>4.3 Korte omschrijving van de conventionele installatie</i>	12
<i>4.4 Uitgangspunten aanzien van de haalbaarheid</i>	13
<i>4.4.1 Klimaatgegevens</i>	13
<i>4.4.2 Energiekosten</i>	13
<i>4.4.3 Elektriciteitsgebruik algemeen</i>	13
<i>4.4.4 Koude-opslag in de bodem</i>	14
<i>4.4.5 Warmte-opslag in de bodem</i>	14
<i>4.4.6 Concept</i>	14

4.4.7 Conventioneelsysteem	14
4.5 Technische haalbaarheid	15
4.6 Economische haalbaarheid	16
5 Subsidie	18
5.1 Inleiding	18
5.2 Subsidiemogelijkheden	18
6 Conclusies	19
7 Aanbevelingen	20
Literatuurlijst/Bronvermelding	21

Bijlagen (separaat bijgevoegd)

- 1 *Prospectus Vaillant “**De** Brandstofcel **heeft** de toekomst”*
- 2 ***Principe** schema **P1** de **FCU 10***
- 3 *Principe schema **P2** Concept*
- 4 *Principe schema **P3** Conventionele installatie*
- 5 *Klimaatgegevens: **Uurwaarden** van de temperatuur in een klasse van **I** graad*
- 6 *Elektriciteitsverbruik algemeen*
- 7 *Te laden hoeveelheid koude in periode van **07.00** tot **18.00** tijdens werkdagen*
- 8 *Benodigd koelvermogen Concept in periode van **07.00** tot **18.00** tijdens werkdagen*
- 9 *Te laden hoeveelheid warmte in periode van **07.00** tot **18.00** tijdens werkdagen*
- 10 *Gegevens change-over batterij hoofdcircuit (door Recupair)*
- 11 *Geproduceerde vermogens brandstofcel in periode van **07.00** tot **18.00** tijdens werkdagen*
- 12 ***Transmissieverlies** gedurende gehele jaar van **18.00** tot **07.00** en weekenden van **07.00** tot **18.00***
- 13 *Gasverbruik Brandstofcel gedurende gehele jaar*
- 14 *a Specificaties **kruisstroomwisselaar***
- 14 *b. Bepaling **gasgebruik** CV-ketel **t.g.v.** ventilatie, conventioneel systeem in de periode van **07.00** tot **18.00***
- 15 *Gasverbruik CV ketel **f g.v.** transmissie verliezen gedurende het gehele jaar van **18.00** tot **07.00***
- 16 *Bepaling gebruik **elektrische** energie Koelmachine in de periode van **07.00** tot **18.00** tijdens werkdagen*
- 17 *Kosten Concept*
- 18 *Kosten Conventioneel systeem*

1 Inleiding

Deze scriptie is geschreven in het kader van de afstudeeropdracht van de HIT aan Hogeschool van Utrecht. In deze scriptie onderzoek ik hoe een brandstofcel optimaal kan worden **geïntegreerd** in een gebouwgebonden installatie. De keuze van het onderwerp voor deze afstudeerscriptie is gebaseerd op een aantal vragen die bij mij leefden. Deze vragen waren:

- Waarom wordt de brandstofcel nog niet op **grote(re)** schaal toegepast binnen de installatietechniek?
- Zijn er op korte termijn ontwikkelingen te verwachten waardoor de toepassing van brandstofcellen een grote vlucht zal nemen?
- Is het mogelijk een brandstofcel toe te passen in een gebouwgebonden installatie in combinatie met een energieopslagsysteem in de bodem?

Het doel van deze scriptie is dan ook het ontwikkelen van een concept waarin op een succesvolle wijze een brandstofcel wordt ingepast in een gebouwgebonden installatie. De technische en economische haalbaarheid zijn de criteria hiervoor.

Om de bovenstaande vragen te kunnen beantwoorden is het belangrijk te weten volgens welk principe een brandstofcel werkt. Dat wil zeggen welke reacties treden op, onder welke omstandigheden en wat zijn de gevolgen. Vandaar dat een deel van de scriptie gewijd is aan het **“basis”principe** om vervolgens een concept te bedenken waarin een of meer van deze brandstofcellen worden gebruikt. Bij het ontwerpen van het concept heb ik gebruik gemaakt van een brandstofcel van het fabrikaat Vaillant aangezien zij op dit moment de enige fabrikant zijn die binnen Nederland in het openbaar een productierijpe brandstofcel testen.

De verkregen informatie is niet alleen afkomstig uit een literatuurstudie. Een groot deel van de informatie die aan de basis ligt van deze scriptie is **data/input** afkomstig uit het werkveld van de installatietechniek. Dat wil zeggen: technici die zich op innovatieve wijze bezig houden met de installatietechniek.

Ik wil benadrukken dat de het doel van deze scriptie niet is het uitdiepen van het **werkingsprincipe** van een brandstofcel en of het optimaliseren hiervan. Het doel is het onderzoeken van een concept waarin de huidige stand van techniek t.a.v. de brandstofcel op een zo optimaal mogelijke wijze kan worden ingepast. Over de brandstofcel zelf is al erg veel geschreven en onderzocht. Alleen al in het Nederlands zijn er meer dan 12.300 sites waarover een en ander wordt geschreven over de brandstofcel in het algemeen.

2 Het principe van de Brandstofcel

2.1 Inleiding

In 1843 werd door de Engelsman William Grove de techniek van de brandstofcel omschreven en geschetst. Maar pas omstreeks 1960 kon dit principe worden toegepast in o.a. de ruimtevaart. Pas in de jaren tussen 1980 en nu is door de technologische ontwikkeling de prijs van een brandstofcel op een zodanig niveau gebracht zodat daadwerkelijke toepassing in onze maatschappij plaats kan vinden.

In het kort kan het principe van een brandstofcel als volgt worden omschreven:
Aan een brandstofcel worden waterstof (H₂) en zuurstof (O₂) toegevoerd. Na het toevoeren van deze stoffen komen elektriciteit en water vrij.

Wit hetgeen hierboven is omschreven zou je misschien kunnen denken dat een brandstofcel kan worden vergeleken met een batterij. De overeenkomst is dat bij beide door een chemische reactie elektrische energie vrijkomt. Het verschil is dat een batterij een buffer is waarin energie is opgeslagen. Deze batterij kan geen elektrische energie meer leveren zodra de chemische stoffen die zijn "opgeslagen" hun chemische reactie niet meer kunnen aangaan. Bij een brandstofcel worden de chemische verbindingen steeds van buiten aangevoerd zodat de reactie (en dus de levering van elektriciteit) onbeperkt door kan gaan.

De eigenlijke brandstof van een brandstofcel is dus waterstof, deze kan worden gewonnen uit aardgas, olie, alcohol, biomassa enz. Hoe is nu zo'n brandstofcel opgebouwd, een brandstofcel bestaat uit een anode en een kathode die worden gescheiden door een elektrolytlaag.

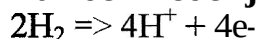
2.2 De werking

Zoals gezegd vindt in een brandstofcel een elektrochemische **omzetting** plaats waarbij aan de anode waterstof wordt toegevoerd en waarbij aan de kathode vaak zuurstof wordt toegevoerd om te oxideren met de waterstof tot water. Tussen de elektroden ontstaat een elektrisch spanningsverschil van ongeveer 0,7 Volt (de ionen gaan via het elektrolyt en sluiten op deze wijze de kringloop). Om een groter vermogen te realiseren kunnen een aantal van deze cellen parallel worden geschakeld. Afhankelijk van de gewenste stroombron kan de geproduceerde gelijkstroom worden omgezet in een wisselstroom. Verder is het mogelijk de vrijgekomen warmte die ontstaat tijdens het proces aan te wenden voor bijvoorbeeld **verwarming**. Hierover later meer.

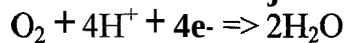
2.3 De chemische reacties

De hiervoor genoemde **electrochemische** omzetting kan als de volgende chemische reactie worden omschreven:

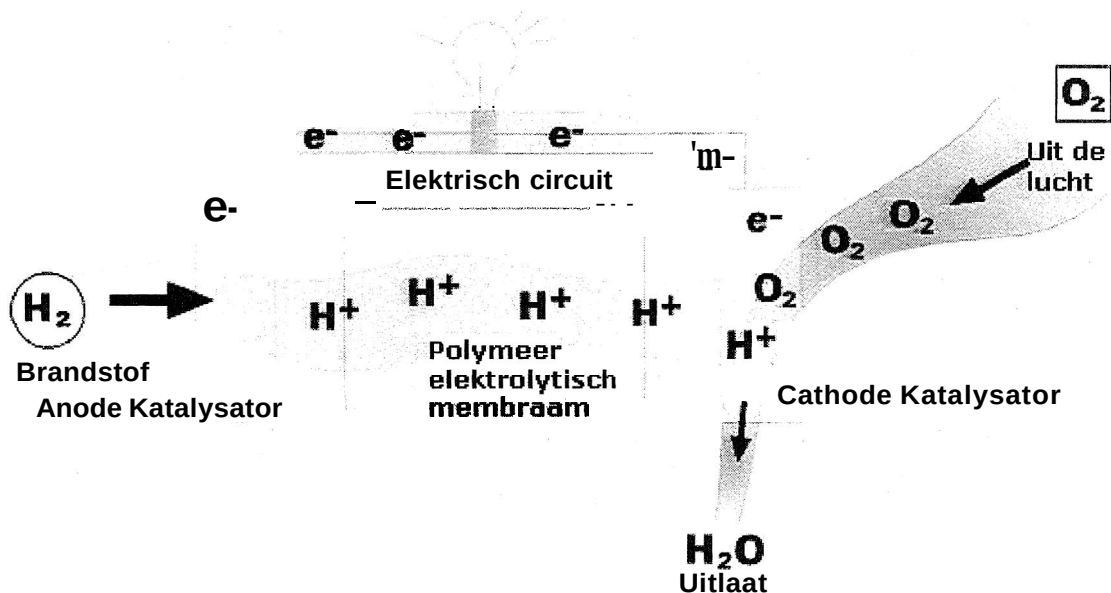
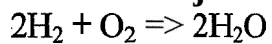
Aan de Anodezijde:



Aan de Kathodezijde:



De uiteindelijke reactie:



Het omschreven proces noemt men Partiële Oxidatie.

2.4 Verschillende typen Brandstofcellen

We kennen brandstofcellen in verschillende verschijningsvormen. Deze worden meestal vernoemd naar de toegepaste soort van elektrolyt. Enkele voorbeelden zijn:

- AFC Alkaline Fuel Cell
- PAFC Phosphoric Acid Fuel Cell
- MCFC Molten Carbonate Fuel Cell
- SOFC Solid Oxide Fuel Cell
- DMFC Direct Methanol Fuel Cell
- PEMFC Proton Exchange Membrane Fuel Cell

Voor een nadere omschrijving en toelichting hieromtrent kan ik u doorverwijzen naar de sites van:

- TNO
- ECN
- Nedstack Technology BV
- TU Delft
- Novem

PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell)

Het type brandstofcel dat wordt toegepast in de FCU 10 van Vaillant is van het type PEM, hetgeen staat voor Proton Exchange Membrane. Vrij vertaald staat dit voor een membraan wat proton geleidt. De reden om te kiezen voor dit type is gelegen in het feit dat de algemene verwachting is dat dit type "de brandstofcel" zal worden die op grote schaal zal worden toegepast. Men lift in principe mee met de automobiellindustrie wat natuurlijk voor enorme besparingen leidt op R&D gebied. Een bijkomend voordeel is het feit dat door gebruik te maken van dit type de kostprijs relatief laag ligt door massaproductie.

2.5 Voor en nadelen van de brandstofcel

Voordelen

Het grootste voordeel van de brandstofcel is het hoge rendement dat wordt gehaald bij de productie van **elektriciteit**. Gezien onze toenemende vraag naar comfort en de toename van het elektriciteitsgebruik dient verstandig te worden omgegaan met fossiele brandstoffen. Een groot deel van de toename van het elektriciteitsgebruik kan worden verzorgd door alternatieve energiebronnen zoals bijvoorbeeld wind-, getijde-, zonne-energie en dergelijke. Maar het blijft noodzakelijk naar andere mogelijkheden te zoeken of een combinatie te maken met de verschillende energiebronnen / voorzieningen. Het nadeel van elektrische energie is namelijk dat opslag ervan duur is. Maar het is goed mogelijk door elektrolyse waterstof te maken die kan worden opgeslagen om vervolgens indien nodig aan te wenden voor gebruik van een brandstofcel.

Indien elektriciteit op de conventionele wijze wordt opgewekt, hebben we te maken naar verhouding enorme verliezen. Uit onderzoek blijkt namelijk dat van alle gebruikte primaire energie om elektriciteit op te wekken slechts 30% bij de uiteindelijke afnemer terecht komt. De overige 70% is in het voorafgaande traject vrijgekomen als "afvalwarmte" en "netverlies". Bij toepassing van een brandstofcel waarbij de elektrische en thermische energie nuttig kan worden gebruikt heeft dit tot gevolg dat er 25% minder primaire energie wordt gebruikt indien de waterstof aan in dit geval aardgas wordt onttrokken. Nieuwe ontwikkelingen zullen de rendementen alleen maar ten goede komen.

Een ander gevolg van het hogere rendement en minder gebruik van primaire energie is dat de uitstoot van CO₂ wordt terug gebracht. Uit onderzoek is gebleken dat de uitstoot tot 50% kan worden gereduceerd.

Het verminderen van het gebruik van primaire energie en de beperking van de uitstoot van CO₂, zal behalve voor een maatschappelijk, ook voor een politiek draagvlak zorgen (denk hierbij aan de internationale afspraken die zijn gemaakt ten aanzien van de uitstoot van CO₂).

Een ander voordeel van het apparaat is dat het bijzonder **geluidsarm** is doordat er geen draaiende onderdelen in het apparaat zitten. Dit is eveneens van positieve invloed op het onderhoud.

Een van de redenen waarom het rendement van een brandstofcel relatief hoog is wordt veroorzaakt doordat het proces niet verloopt volgens een Carnot proces. Bij een Carnot proces wordt namelijk eerst chemische energie in warmte omgezet om daarna weer in elektrische energie te worden omgezet. Voor een nadere toelichting hieromtrent verwijs ik naar "Warmteleer voor technici" door ir A.J.M. van Kimmenade.

Nadelen

Natuurlijk kleven er ook nadelen aan het gebruik van een brandstofcel. Zo wordt vaak (ook in het geval van de hierna besproken FC 10) gebruik gemaakt van aardgas, kolen en dergelijke om de brandstof te leveren voor de brandstofcel. Dat betekent dat er nog steeds fossiele brandstoffen worden gebruikt waarvan de voorraad niet onuitputtelijk is.

Een ander nadeel is dat de stacks zeer gevoelig zijn voor een aantal chemische stoffen zoals bijvoorbeeld zwavel en **koolstofmonoxide**. Door goede filtering en behandeling van de processtromen kunnen problemen voorkomen worden

Een praktisch nadeel van de unit is het gewicht van **550 kg**, ondanks dat men er in is geslaagd de unit qua formaat terug brengen tot een redelijk formaat (vergelijkbaar met een grote staande koelkast).

Een ander nadeel is het beperkte koude aantal starts dat de machine per jaar mag maken. Volgens de meest recente specificatie is dit maximaal 125 keer. De reden hiervan is dat het veel energie kost om de **reformer** op te starten, ook beperkt het aantal **opstarts** de levensduur van de reformer.

Een ander nadeel is dat de opwekking van **warmte** en elektriciteit gelijktijdig plaats vindt, maar hier zal ik later op **terug** komen.

2.6 Recente ontwikkelingen en huidige stand van zaken binnen de installatietechniek

Persoonlijk verwacht ik op korte termijn apparaten zoals de hieronder omschreven zodanig zullen worden aangepast dat naast de waterstof die ze halen uit bijvoorbeeld aardgas ook waterstof zullen gebruiken die bijvoorbeeld via het aardgasnet worden getransporteerd. Er worden op dit moment al zeer succesvolle testen uitgevoerd met membranen die alleen waterstof doorlaten. Het is wel van belang dat de onrust die ontstaat ten aanzien van de distributie en opslag van brandbare gassen een halt wordt toegeroepen. Denk hierbij aan het terugdringen van het aantal LPG tankstations en de angst die de gasexplosie in België 30 juli **2004** met zich meebracht. Let wel: het van belang is dat er een maatschappelijke discussie is en blijft waardoor het veiligheidsaspect niet wordt verwaarloost.

Maar zoals reeds eerder gemeld zal ik mij hier beperken tot de FCU **10** Van Vaillant.

3 De FCU 10 van Vaillant

3.1 Inleiding

De redenen waarom ik de FCU 10 als brandstofcel heb gekozen om in te passen in mijn onderzoek zijn de volgende:

- De FCU 10 van Vaillant is een apparaat welke reeds in het veld wordt getest;
- Vaillant heeft de moeite genomen tijd vrij te maken en mij van alle noodzakelijke informatie beschikbaar voorzien om een concept uit te werken.

Een aantal leveranciers heeft aangegeven niet zover gevorderd te zijn met de brandstofceltechniek. Hiermee wordt waarschijnlijk bedoeld dat men hier nog niet mee naar buiten wil treden. Een leverancier gaf heel duidelijk aan dat “een aantal” CV ketel leveranciers in een convenant hebben afgesproken de eerste jaren nog niet naar buiten te treden met informatie t.a.v de toepassing van een brandstofcel in hun producten.

De FCU 10 is een product dat tot stand is gekomen door samenwerking van een drietal partners te weten:

- General Electric: Een marktleider in de productie van elektrotechnische producten en de beschikking heeft over een wereldwijde verkooporganisatie;
- Plugpower fuel cell systems: Een bedrijf dat voorop loopt in de ontwikkeling van o.a. brandstofcellen;
- Vaillant: Een van de grote marktpartijen die binnen Europa over een goede verkoop en service organisatie beschikt op het gebied van gasgestookte verwarmingstechniek.

Deze drie partijen hebben in 2000 de eerste goed werkende prototypen te hebben getest. Zij hebben binnen een jaar het volume en het gewicht met de helft terug weten te brengen tot het formaat van een ruime koelkast zodat deze in het veld konden worden getest onder reële praktijk omstandigheden. Vanaf 2003 zijn de eerste apparaten geplaatst in 25 pilot installaties in onder andere Zwitserland, Oostenrijk, Duitsland en Nederland. In de loop van 2004 zullen nog eens 400 stuks worden geplaatst om als pilotserie het product op de markt te brengen. Tegelijkertijd zullen aan installateurs trainingen worden aangeboden om de apparaten te kunnen servicen om vervolgens de toestellen in kleine aantallen in serie te produceren.

Terug naar Vaillant. Vaillant heeft als een van de eerste bedrijven (uiteraard gezamenlijk met de eerder genoemde partners) een werkende brandstofcel die wordt getest in het veld. Unica Installatie techniek heeft deze ingepast in een warmtapwatersysteem in het project de Dillehof. Hierbij wordt de warmte gebruikt om een warmtapwatersysteem van energie te voorzien en de elektriciteit wordt gebruikt als aanvulling op de bestaande elektriciteitsvoorziening.

Het apparaat de FCU 10 levert warmte en stroom uit aardgas. Vaillant beschrijft het apparaat als een energie besparende krachtwarmte-koppeling.

3.2 Technische gegevens*

• Elektrisch vermogen:	1- 4,6 kW el netparallel
• Thermisch vermogen	1,5 – 7 kW th
• Elektrisch rendement	> 35%
• Totaal rendement	> 80%
• Brandstof	Aardgas
• Levensduur	15 jaar 80.000 uur
• Onderhoud	2 jaarlijks (inspectie jaarlijks)
• Aanvoer-retourtemperatuurmax	70-55°C
• Maximale rookgas temperatuur	

* streefwaarden van de serie toestellen.

3.3 Werking van de FCU 10 (zie ook principe schema P1 bijlage1)

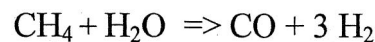
De afkorting FCU staat voor Fuel Cell Unit en bestaat uit onder andere een reformer, een stack en een ondulator.

De Stack

De stack is een stapeling van brandstofcellen waaraan de zuurstof en de waterstof worden toegevoerd om vervolgens elektriciteit en water daar voor terug te krijgen.

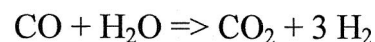
De Reformer

In de reformer wordt het aardgas samen met water in de vorm van stoom gevormd tot koolstofmonoxide en waterstof. Dit proces noemt men stoomreforming. Hierbij wordt namelijk in tegenstelling tot het proces dat is omschreven in hoofdstuk 2 ook gebruik gemaakt van het water dat vrijkomt uit de stack. Dit wordt in de vorm van stoom opnieuw aangeboden aan de reformer om extra waterstof aan het reformaat toe te voegen. De chemische reactie wordt als volgt geschreven.



De Shiftconverter:

Vervolgens komt het gasmengsel ($\text{CO} + 3 \text{H}_2$) in de shiftconverter en wordt door toevoeging van water omgezet in koolstofdioxide en extra waterstof.



De CO reiniger:

Daarna komt het waterstofrijke mengsel in de CO reiniger waarbij extra lucht wordt toegevoerd om te voorkomen dat nog enkele CO deeltjes in het membraan van de brandstofcel terechtkomen.

Bevochtiger:

Het membraan wordt bevochtigd middels waterdamp om uitdroging en dus een langere levensduur te kunnen garanderen.

De PEM Brandstofcel:

Nu wordt het **waterstofrijke reformaat** aangeboden aan de PEM brandstofcel om samen met de gefilterde lucht te worden toegevoerd om via de stack en de ondulator zijn elektrische energie te kunnen leveren. De **warmte** die vrijkomt bij de stack wordt gebruikt om een verwarmingscircuit te voeden.

Ondulator:

De ondulator is de statische omvormer waar de elektrische energie 50 tot 80 Volt gelijkspanning wordt omgezet in een 230 Volt 50 Hz **wisselspanning**.

Naverbrander:

De restgassen van de brandstofcel worden in een naverbrander verbrand om water om te zetten in stoom. Vervolgens wordt het aan respectievelijk de reformer, shiftconverter en bevochtiger toegevoegd.

Waterbehandeling:

Het water dat wordt gebruikt om te worden ingezet als "leverancier" van extra waterstof zal ook dienen te worden gereinigd om vervuiling van de apparatuur tot een minimum te beperken.

4 Inpassing in een energieopslagsysteem in de bodem

4.1 Inleiding

De gedachte achter dit concept is de volgende:

In verband met de toenemende energiebehoefte in het algemeen en de wens minder afhankelijk te zijn van een beperkt aantal grote energiecentrales wordt steeds vaker naar mogelijkheden gezocht elektriciteit en warmte ter plaatse van de **afnemer** te produceren. Een mogelijkheid is de toepassing van een WKK (Warmte Kracht Koppeling). Een andere optie is de toepassing van een brandstofcel.

Zoals reeds eerder omschreven is het van belang dat indien een brandstofcel die qua uitvoering overeenkomt met de brandstofcel die wordt toegepast in bijvoorbeeld de FCU 10 van Vaillant rekening gehouden dient te worden met de energiestromen in het apparaat. Ik streef er dan ook naar een concept te ontwerpen waarin deze brandstofcel optimaal kan worden ingepast in een bodemenergieopslagsysteem. Dit betekent dat de machine in principe non stop moet kunnen draaien aangezien het veelvuldig opstarten van het reformerproces het rendement niet ten goede komt en de levensduur van de **reformer** verkort.

De optimale wijze om een brandstofcel in te passen in een gebouw gebonden installatie is dit op een zodanige wijze te doen dat hij optimaal en continu zijn warmte kwijt kan in het systeem. Optimaal wil zeggen bij de juiste temperatuur, wat eenvoudig te realiseren is middels een waterzijdige mengregeling. Ten aanzien van de continue **afname** wil ik onderzoeken of de warmte kan worden gebruikt om het gebouw te verwarmen en in de periode waarin er voor het gebouw geen warmtevraag is dit op te slaan in de bodem.

4.2 Korte omschrijving van het concept

In bijlage 3 is een gesimplificeerd principeschema weergegeven aan de hand waarvan ik het concept zal toelichten. Als basis is een bodemenergieopslagsysteem genomen met een koude en een warme bron. De bronnen worden geladen middels een batterij in de luchtbehandelingkast van het betreffende gebouw. Dat wil zeggen in de winterperiode wordt de koude bron geladen en in de zomer periode wordt de warme bron geladen. Het uiteindelijke doel hiervan is de ventilatielucht van het betreffende gebouw op een temperatuur te brengen waarbij de lucht slechts een zeer beperkte nabehandeling vergt. De nabehandeling bestaat uit het verwarmen van de lucht die wordt geleverd door de warme bron. Dit gebeurt bij buitentemperaturen tot 6°C.

Het concept zal worden omschreven aan de hand van toepassing in een doorsnee kantoorpand met een gewenst ventilatie debiet van **10.000 m³/h**. Dit betekent dat hierbij moet worden gedacht aan een kantoor met een oppervlak van **1000** tot **2000** vierkante meter.

4.3 korte omschrijving van de conventionele installatie

Het concept zal worden vergeleken met een zogenaamd conventioneel systeem waarbij de luchtbehandelingkast is voorzien van een **kruisstroomwisselaar**. De ventilatielucht zal worden verwarmd middels een HR CV-ketel en gekoeld met een koelmachine. Het gesimplificeerde principeschema van deze installatie is bijgevoegd als bijlage 4.

4.4 Uitgangspunten ten aanzien van de haalbaarheid

Om de haalbaarheid te onderzoeken zijn een aantal uitgangspunten genomen en berekeningen gemaakt die hieronder worden toegelicht.

4.4.1 Klimaatgegevens

De klimaatgegevens die zijn gebruikt om het concept door te rekenen en een vergelijking te maken met het zogenaamde conventionele systeem zijn de uurwaarden van de temperatuur in klassen van 1 graad over een periode van 20 jaar. Deze gegevens zijn van het weerstation de Bilt omdat dit station het meest representatief is voor het gemiddelde weerbeeld in Nederland. De hiervoor omschreven gegevens zijn bijgevoegd als bijlage 5.

4.2.2 Energiekosten

Voor de kosten van de benodigde energie ben ik uitgegaan van prijzen zoals deze gelden volgens de site van Essent voor het postcodegebied 9411. De energieprijzen zijn totaal prijzen, dat wil zeggen inclusief toeslagen, kortingen en vaste bedragen per maand. Prijzen zijn op basis van een contract voor 2 jaar.

Aardgas

Gasprijs: 0.345 Euro/m³

Elektriciteit

Afname elektriciteit:

- Hoogtarief* 0.134 Euro/kWh
- Laagtariet** 0.071 Euro/kWh

Teruglevering elektriciteit:

- hoogtarief 0.051 Euro/kWh
- laagtarief 0.023 Euro/kWh

*07.00 tot 23.00 uur tijdens werkdagen

**23.00 tot 07.00 uur tijdens werkdagen en in de weekenden

4.4.3 Elektriciteitsgebruik algemeen

Om een referentie te krijgen van een gemiddeld elektriciteitsgebruik binnen een utiliteitsgebouw, heb ik me gebaseerd op gegevens van drs. A van Olst van O&S Consultants te weten: "Vuistregels voor installatiekosten. Kosten indicatoren voor gebouwgebonden installaties". Hierbij zijn de waarden gecorrigeerd in verband met gelijktijdigheid. De resultaten hiervan zijn terug te vinden in bijlage 6.

Voor het elektriciteitsvermogen dat buiten werktijden wordt afgenomen is gerekend met 5 kW. Het afgenomen vermogen is het totaal van het gebruik van:

- Servers;
- Koeling serverruimte;
- Diverse centrales inbraak telefoon e.d.;
- Nacht- en buiten verlichting.

4.4.4 Koude-opslag in de bodem

De koude bron zal worden geladen via de change-over batterij in de luchtbehandelingkast bij buitentemperaturen van 6°C en lager. Het totale vermogen dat kan worden geladen wordt bepaald door bij elke temperatuur van 6°C tot -18°C het vermogen te berekenen. Door nu het vermogen dat kan worden geladen bij een bepaalde temperatuur te vermenigvuldigen met het aantal uren dat deze temperatuur per jaar voorkomt, is het te laden vermogen bij een bepaalde temperatuur over het gehele jaar te bepalen, door deze vermogens die per jaar bij de temperaturen van 6°C tot -18°C kunnen worden geladen bij elkaar op te tellen komt men tot het totaal te laden koelvermogen over het gehele jaar. Gegevens hieromtrent zijn terug te vinden in bijlage 7. De benodigde hoeveelheid energie om het gebouw te kunnen koelen zijn opgenomen in bijlage 8.

4.4.5 Warmte-opslag in de bodem

Ook de warme bron wordt geladen via de change-over batterij in de luchtbehandelingkast. Dit gebeurt bij buitentemperaturen vanaf 22°C graden tot 34°C. De totale hoeveelheid te laden warmte wordt op de zelfde wijze bepaald als te laden vermogen koude zie hiervoor bijlage 9.

4.4.6 Concept

Om te kunnen bepalen welke vermogens benodigd zijn om de ventilatielucht tot de inblaastemperatuur van 22°C te brengen, moet eerst bekend zijn tot welke temperatuur de lucht kan worden gebracht door de change-over batterij in de luchtbehandelingkast. Deze gegevens zijn verschaft door **Recupair** en separaat bijgevoegd als bijlage 10. Verder zijn in deze bijlage de gegevens weergegeven tot welke temperaturen de warme buitenlucht kan worden afgekoeld in de zomerperiode tijdens het laden van de wanne bron.

De thermische vermogens die geleverd dienen te worden door de brandstofcellen om de ventilatielucht tot inblaastemperatuur te brengen zijn weergegeven in bijlage 11. Verder zijn in deze **figuur** de hoeveelheden geleverde elektriciteit vermeld.

Gezien het beperkt aantal starts dat de brandstofcel mag maken is ervoor gekozen de units tijdens de werkdagen 's nachts ook door te laten draaien. Door de units op minimaal vermogen te laten draaien en bepaalde perioden zelfs minder units te laten draaien kan het benodigd vermogen in verband met het transmissieverlies buiten de kantoor tijden wordt geleverd door de brandstofcellen. De berekening van deze transmissieverliezen is bijgevoegd als bijlage 12.

Het totale gasverbruik van de brandstofcellen is berekend in bijlage 13.

4.4.7 Conventioneel systeem

Om het verwarmingsvermogen van de CV-ketel te bepalen is het noodzakelijk te weten hoe groot het rendement is van de toegepaste kruisstroomwisselaar de gegevens. Hiervoor zijn de gegevens toegeleverd door de Koninklijke **Verhulst** Luchtbehandeling. Deze gegevens zijn weergegeven in bijlage 14-a. De niet door **Verhulst** berekende waarden zijn geïnterpoleerd en vervolgens verwerkt in bijlage 14-b

Om het ventilatieverlies van het conventionele systeem te bepalen is gebruik gemaakt van de klimaatgegevens van bijlage 5.

In bijlage **14-b** wordt op basis van de prestaties van de kruisstroomwisselaar het benodigd verwarmingsvermogen van de CV ketel bepaald. De CV ketel zorgt ervoor dat de inblaas temperatuur van **22°C** wordt gehaald. Uit de laatste kolom blijkt hoeveel gas hiervoor nodig is.

Het gasverbruik van de CV-ketel door het transmissieverlies wordt berekend indien een CV ketel wordt gebruikt in plaats van de **warmte** van de brandstofcel. Deze berekening is opgenomen in bijlage **15**.

Om het gebruik van elektrische energie van de koelmachine te bepalen is gebruik gemaakt van de klimaatgegevens van bijlage 5. Hierbij de er gekoeld zal worden vanaf een buitentemperatuur vanaf **22** graden voor deze berekening verwijs ik naar bijlage **16**.

4.5 Technische haalbaarheid

Om de technische haalbaarheid van het concept te kunnen bepalen, dient bepaald te worden hoeveel koude en warmte kan worden opgeslagen in de bodem.

Thermisch

Uit mijn berekeningen blijkt dat de te laden hoeveelheid koude zich verhoudt tot de te laden hoeveelheid warmte als 4 staat tot 1 indien de installatie bedrijfstijden heeft van **07.00** uur tot **18.00** uur. Dit betekent dat we 4 keer zoveel koude kunnen laden als warmte via de batterij in de **luchtbehandelingkast**. Bij toepassing van energieopslag in de bodem moet volgens de wet- en regelgeving de warme en koude bron in balans zijn. Om hier voor te zorgen kan de warmte van een brandstofcel worden gebruikt.

Het verschil dat moet worden bijgeladen is de te laden hoeveelheid koude middels de change-over batterij minus de hoeveelheid te laden **warmte** middels de change-over batterij.

Dit verschil is ruim **22.800** kWh (zie bijlage 7 en 9).

Het transmissieverlies buiten bedrijfstijd tijdens werkdagen bedraagt ruim **12.500** kWh (zie bijlage 12).

Dit betekent dat de brandstofcellen buiten bedrijfstijden tijdens werkdagen zo'n **35.300** kWh moeten produceren. Dat betekent in gedurende **3380** uren een vermogen van **10.4** kW.

Door de toepassing van het systeem van **koude/warmte** opslag in de bodem is er na de change-over batterij op de momenten dat verwarmd moet worden een luchttemperatuur beschikbaar van **10°C**. Om nu een inblaas temperatuur van **22°C** te realiseren bij een debiet van **10.000 m³/h** is verwarmingsvermogen nodig van **40** kW. Dit vermogen kan worden geleverd door het inzetten van brandstofcellen van Vaillant type **FCU 10**. Deze units leveren maximaal **7** Kw thermisch.

In de perioden waarin de temperaturen zich bevinden tussen de 6°C en de 22°C worden de bronnen niet gebruikt omdat het laden en lossen dan te veel **(pomp)energie** kost. In die periode zal het volledige verwarmingsvermogen voor de ventilatielucht worden verzorgd door de warmte van de brandstofcellen. Hiervoor is zijn minimaal 7 stuks benodigd.

Voor de koeling van het gebouw is totaal 8496 kW nodig (zie hiervoor bijlage 8). Deze hoeveelheid koude is ruimschoots beschikbaar (zie hiervoor bijlage 7).

Elektrisch

De elektriciteit die door de brandstofcellen wordt geleverd is bepaald in bijlage 11. Tijdens werkdagen tussen 07.00 en 18.00 wordt er in totaal 65.112 kWh geproduceerd.

Uit bijlage 6 blijkt dat het elektriciteitsverbruik per jaar van een gemiddeld kantoorgebouw met een bruto vloeroppervlak van **12300m²** zo'n 250.000 kWh bedraagt ($88.56 \text{ kW} \times 11 \text{ uur per dag} \times 260 \text{ dagen} = 253.000 \text{ kWh}$).

Dit betekent dat er in de dagsituatie een deel van de elektriciteitsvoorziening wordt verzorgd door de brandstofcellen.

Buiten werktijden wordt door de brandstofcellen elektrische energie opgewekt. Deze energie wordt geproduceerd doordat de brandstofcellen in deze periode warmte produceren die nodig is om het bronnensysteem in balans te **krijgen** en het vermogen te leveren voor de transmissieverliezen door de week buiten werktijden te compenseren (gedurende 3380 uren een thermisch vermogen van 10.4 kW) waardoor een elektrisch vermogen beschikbaar is van 7 kW. Van dit vermogen kan 5 kW worden aangewend voor eigen gebruik. Deze 5 kW is het vermogen dat door de elektrische apparatuur die buiten bedrijfstijden wordt gebruikt (servers, koeling serverruimten, telefooncentrales inbraak systemen, **brandmeld** installaties en nacht en buitenverlichting).

De 2 kW die resteert zal worden teruggeleverd aan het net.

We kunnen dus stellen dat het technisch mogelijk is de brandstofcel te combineren met een energiebodempopslagsysteem.

4.6 Economische haalbaarheid

Om de economische haalbaarheid te kunnen toetsen zijn de kosten voor het concept vergeleken met de kosten van een conventioneel systeem.

Voor de investeringskosten voor de luchtbehandelingkast is als basis de offerte van een luchtbehandelingkast van 10.000 m³ voor de conventionele installatie gebruikt. Voor het bepalen van de prijs voor de luchtbehandelingkast voor het concept is deze aangepast door de volgende wijzigingen:

- Vervallen **kruistroomwisselaar**;
- Vervallen koelbatterij;
- Toevoeging change-over batterij;
- Groter type toevoer ventilator.

De kosten voor het **bronnensysteem** inclusief TSA en regeltechniek zijn geraamd door Haitjema grondboringen.

De prijs van de brandstofcellen is nog niet bekend maar zal naar verwachting rond de € 2.800,-- komen te liggen.

De prijzen voor het onderhoud zijn bij benadering.

Volgens Haitjema Grondboringen dient er voor onderhoud aan de bronnen zo'n 2% tot 4% van de investeringskosten te worden gerekend.

Vaillant verwacht dat het onderhoud voor de brandstofcel zo'n € 150,-- a € 200,-- per jaar zal bedragen.

De prijs voor de CV ketel is een prijs voor een standaard HR CV ketel fabrikaat **Remeha**.

De prijs voor de koelmachine is gebaseerd op een bestaande offerte van Western die gecombineerd is met toebehoren.

De overige getallen en waarden zijn afkomstig uit de bijlagen en andere vermogens zoals elektrische vermogens van apparaten zijn bij benadering bepaald.

Deze gegevens zijn verwerkt in bijlage 17 en 18.

Uit bijlage 17 en 18 blijkt dat de totale kosten voor het concept € 13.680,-- per jaar bedragen tegenover € 10.800,-- per jaar. Dit betekent dat het concept € 2.880,-- per jaar duurder is en dus niet economisch rendabel.

S Subsidies

5.1 Inleiding

Het wel of niet verlenen van subsidies voor het toepassen van milieuvriendelijke energiebronnen of de brandstofcel in het bijzonder is van een aantal factoren **afhankelijk**. De wet- en regelgeving ten aanzien van subsidies wordt namelijk voor een groot deel bepaald door de politiek die een balans moeten vinden tussen economische- en milieu-technische belangen. En indien de conjunctuur dit toelaat is het geen probleem financiële ruimte te vinden om het milieu te helpen. Per slot van rekening getuigd het van maatschappelijke betrokkenheid wanneer "groen" wordt gedacht. Maar aangezien het de consument is die deze subsidies indirect betaald en men wanneer het economisch minder voor de wind gaat de "groene principes" laat varen (denkt vanuit de eigen portemonnee) is het **eigelijk** gedaan met subsidies op dit gebied. Wel wordt geld vrijgemaakt voor onderzoek en ontwikkeling zodat de techniek van de brandstofcel zich verder kan ontwikkelen.

5.2 Subsidiemogelijkheden

Europese overheid:

In Europees verband worden in principe geen subsidies voor investeringen verleend ten aanzien van energieopwekking tenzij de investering wordt gedaan in een zogenaamd achterstandsgebied.

Landelijke overheid:

De kans op het **verkrijgen** van subsidies in verband met investeringen in een installatie of het **verkrijgen** van subsidie op de geleverde energie middels innovatieve **energieopwekking** is vanuit de landelijke overheid erg lastig **zoniet** onmogelijk. Dit als gevolg van de **bezuinigingsdrift** van de huidige regering. Om toch in aanmerking te komen voor een subsidie worden projecten individueel beoordeeld.

Gemeentelijke overheid:

In bepaalde gemeenten wordt op dit moment wel geld vrijgemaakt om de CO₂ uitstoot terug te dringen. Zo wordt bijvoorbeeld geld vrijgemaakt om energie besparende maatregelen toe te passen bij bijvoorbeeld zwembaden. Een brandstofcel zou bijvoorbeeld prima kunnen worden toegepast in combinatie met een **warmtepomp**. Maar dat is een toepassing die buiten het hiervoor genoemde concept valt.

6 Conclusies

Technisch gezien is het mogelijk een brandstofcel van het type FCU 10 in te passen in een concept waar dit wordt gecombineerd met energieopslag in de bodem. Helaas is het niet rendabel een dergelijk concept te realiseren voor een standaard situatie zoals in deze scriptie behandeld. Om toepassing rendabel te maken dient aan een van de onderstaande voorwaarden te worden voldaan. Uiteraard maakt ook een combinatie van deze voorwaarden toepassing rendabel.

- **Een hoger rendement voor de opwekking van elektriciteit of het terugbrengen van de warmte die vrijkomt tijdens het proces.**

- **Een drastische wijziging van de energie prijzen**

- De gasprijs per m3 lager dan 0.12 eurocent bij gelijkblijvende **elektriciteitsprijzen**;
- De elektriciteitsprijzen per kWh stijgen met 24% bij een gelijkblijvende gasprijs;
- Of een combinatie van prijsveranderingen in deze richtingen.

Dit is niet reëel aangezien deze prijzen (zij het niet lineair) aan elkaar gekoppeld zijn.

- **Het krijgen van subsidie bij toepassing bij realisering**

Een andere optie is het subsidiëren van dergelijke concepten in verband met de terugdringing van de CO₂ uitstoot. In dit geval gaat het om een bedrag van € 37.440,--. Door toepassing van dit concept kan de CO₂ uitstoot namelijk met zo'n 50% worden gereduceerd volgens de gegevens van Vaillant.

- **Een andere verhouding in afname van energie**

Verder is het toepassen van dit concept rendabel als de verhouding tussen de benodigde thermische energie en elektrische energie gunstiger is. Hierbij moet worden gedacht aan:

- Een beperkter gebruik van elektrische energie tijdens kantoortijden;
- Een hoger gebruik van **elektrische** energie buiten kantoortijden;
- Een hoger gebruik van thermische energie.

7 Aanbevelingen

Door de beperkingen van het systeem is het zoals gezegd niet rendabel om het concept toe te passen zonder aan voorwaarden te voldoen die hiervoor zijn genoemd.

Mijn aanbeveling is dan ook gericht aan de ontwikkelaars van brandstofceltoestellen.

Zorg ervoor dat de **reformer** technisch kan worden losgekoppeld van de brandstofcel en de toepassingsmogelijkheden binnen de installatietechniek worden vele malen groter. In de huidige situatie is het zo dat er bij afname van elektriciteit warmte wordt geproduceerd die nuttig moet worden gebruikt. Bij een situatie waarin de **reformer** continu een bepaalde hoeveelheid waterstof produceert die kan worden opgeslagen zal toepassing sneller rendabel zijn. Er kan is dat geval minder of zelfs geen elektrische energie worden opgewekt wanneer dit niet noodzakelijk is buiten werktijden en in weekenden. Bovendien kan er extra **elektrische** energie worden geproduceerd op de momenten dat hier vraag naar is.

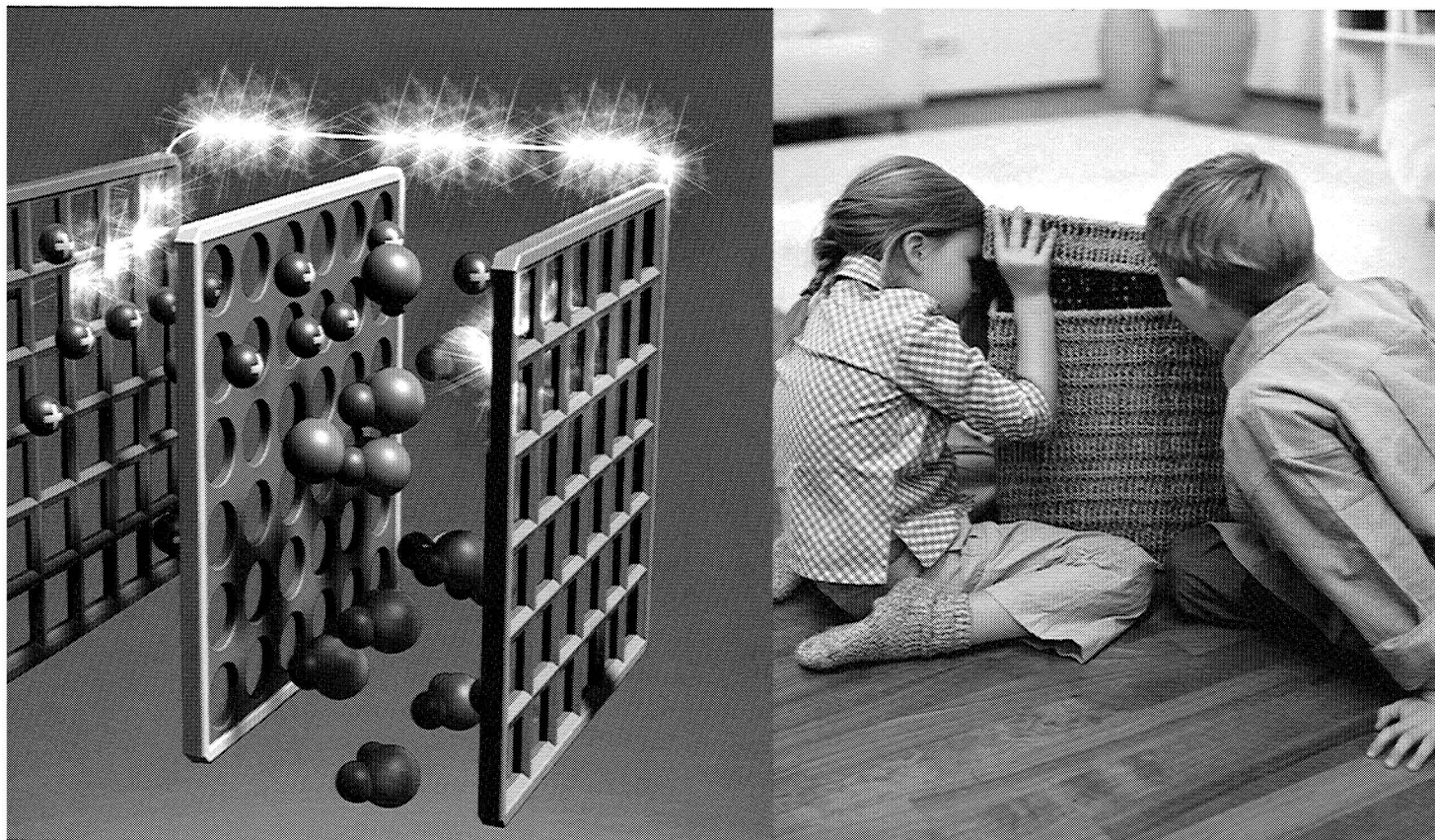
Een ander mogelijkheid is dat er thermische energie wordt geproduceerd op de momenten dat er **warmtevraag** is. Hierdoor **hoeft** geen thermische energie te worden gebufferd. Het geproduceerde waterstof zal worden opgeslagen en worden omgezet in **elektrische** energie wanneer dit nodig is. Om dit mogelijk te maken dient de **reformer** zodanig te worden aangepast dat deze minder gevoelig is voor het aantal koude starts. Het rendement zal hierdoor wel enigszins lager worden doordat het opstarten van de **reformer** ook energie kost.

Literatuurlijst/Bronvermelding

- Olst, K., Vuistregels voor installatiekosten. Kostenindicatoren voor gebouwgebonden installaties, O&S **Consultants**, Colmschate 2000.
- Kimmenaede, A.J.M., van, Warmteleer voor technici, Educatieve Partners Nederland BV, Houten, **1995**.
- Cauberg, J.J.M. e.a, *PolyInstallatiezakboekje*, Koninklijke PBNA, Arnhem, **1996**.
- Mediatheek **Thinkquest** www.thinkquest.nl
- Novem www.oei.novem.nl
- TU **Delft** section **Thermal** Power Engineering www.pe.wbmt.nl
- KNMI klimaatgegevens www.knmi.nl
- Haitjema Grondboringen www.haitjema.nl
- **Recupair** Nederland BV
- **Verhulst** Luchtbehandeling www.verhulst.com
- Vaillant Nederland www.vaillant.nl
- Kuling, H ; **Wolter** en Dros

Prospectus Vaillant " De Brandstofcel heeft de toekomst"

De brandstofcel heeft de toekomst



De nieuwe generatie van
verwarmingstechnologie:
Productie van warmte
en stroom **tegelijkertijd**

Eerste Successen geven vertrouwen



Al het succes begint met een goed idee. Het idee van Vaillant was dat ieder huis een eigen kleine brandstofcellen-centrale zou moeten krijgen. Een centrale die tegelijkertijd stroom, warmte en warm water produceert. Inmiddels heeft het idee in heel Europa een positieve weerklank gevonden. Na omvangrijke laboratoriumtests hebben de eerste prototypes zich nu ook in de praktijk overtuigend bewezen,

Samen met de Amerikaanse partner Plug Power werkt Vaillant momenteel aan een nulserie ter voorbereiding van een eerste serieproductie.



Van concept naar constructie

Al sinds 1997 investeren meer dan 400 researchers hun knowhow in dit veelbelovende project. En die inzet heeft succes. Ruim 300.000 uren laboratoriumwerk hebben aangetoond dat het brandstofcel cv-toestel ook in de praktijk goed kan functioneren. In 2001 werd dan ook de CE-certificering op grond van de EG-richtlijn voor gasapparaten verleend. Als eerste fabrikant wereldwijd leverde Vaillant hiermee het bewijs dat de brandstofcel cv-ketels niet alleen bedrijfszeker zijn, maar ook goed zijn voor het milieu en de benodigde energie efficiënt gebruiken.

Van laboratorium naar 'real life'

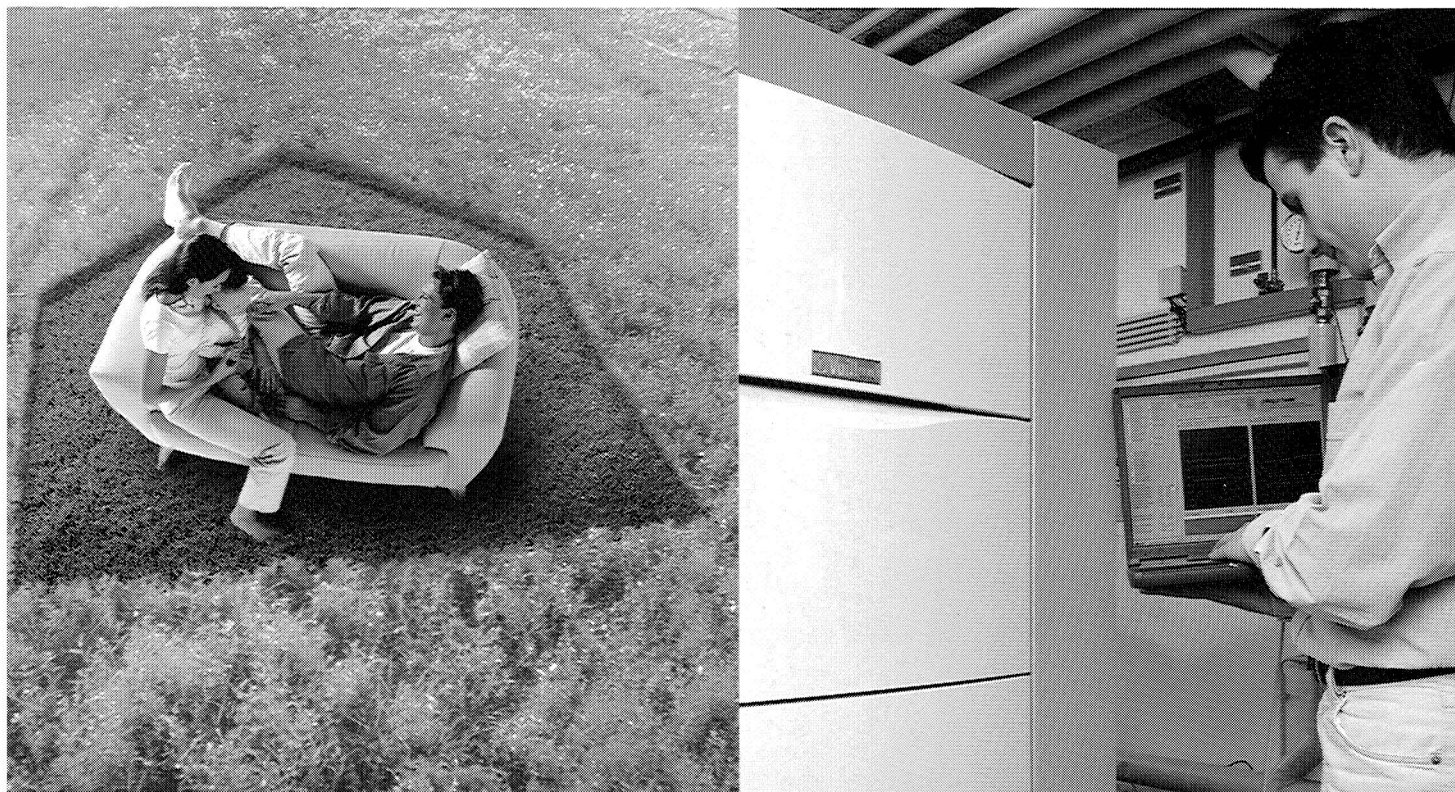
Een goed idee is op papier al steekhoudend, maar is pas echt overtuigend in de praktijk. In de Duitse deelstaat Noordrijnland-Westfalen zijn de eerste drie prototypes in een bedrijfsgebouw en in een aantal rijtjeshuizen geplaatst. Hierna startte een omvangrijke praktijktest met een lange looptijd op een groot aantal geselecteerde locaties in heel Europa, waaronder zelfs twaalf in Nederland. Van meet af aan zijn hierbij partijen betrokken uit de wetenschap, de politiek, de energiebedrijven en vanzelfsprekend ook de productiebedrijven.

Van heden naar toekomst

Optimale kwaliteit vóór snelheid. Dit is een eis die ook aan de laatste en beslissende stap in de ontwikkeling wordt gesteld: het geschikt maken van het nieuwe product voor de markt. Rond 2005 moet de Vaillant brandstofcel cv-ketel kunnen worden ingezet. In eerste instantie bij een aantal bedrijven en gebouwen waarin acht tot twintig gezinnen wonen. Later volgt toepassing in eengezinswoningen. Omdat de productiekosten op de middellange termijn zullen verminderen, zal de techniek ook voor dit marktsegment interessant worden.

Onze strategie

betekent winst voor iedereen



Anders gaan denken - een absolute noodzaak voor het milieu

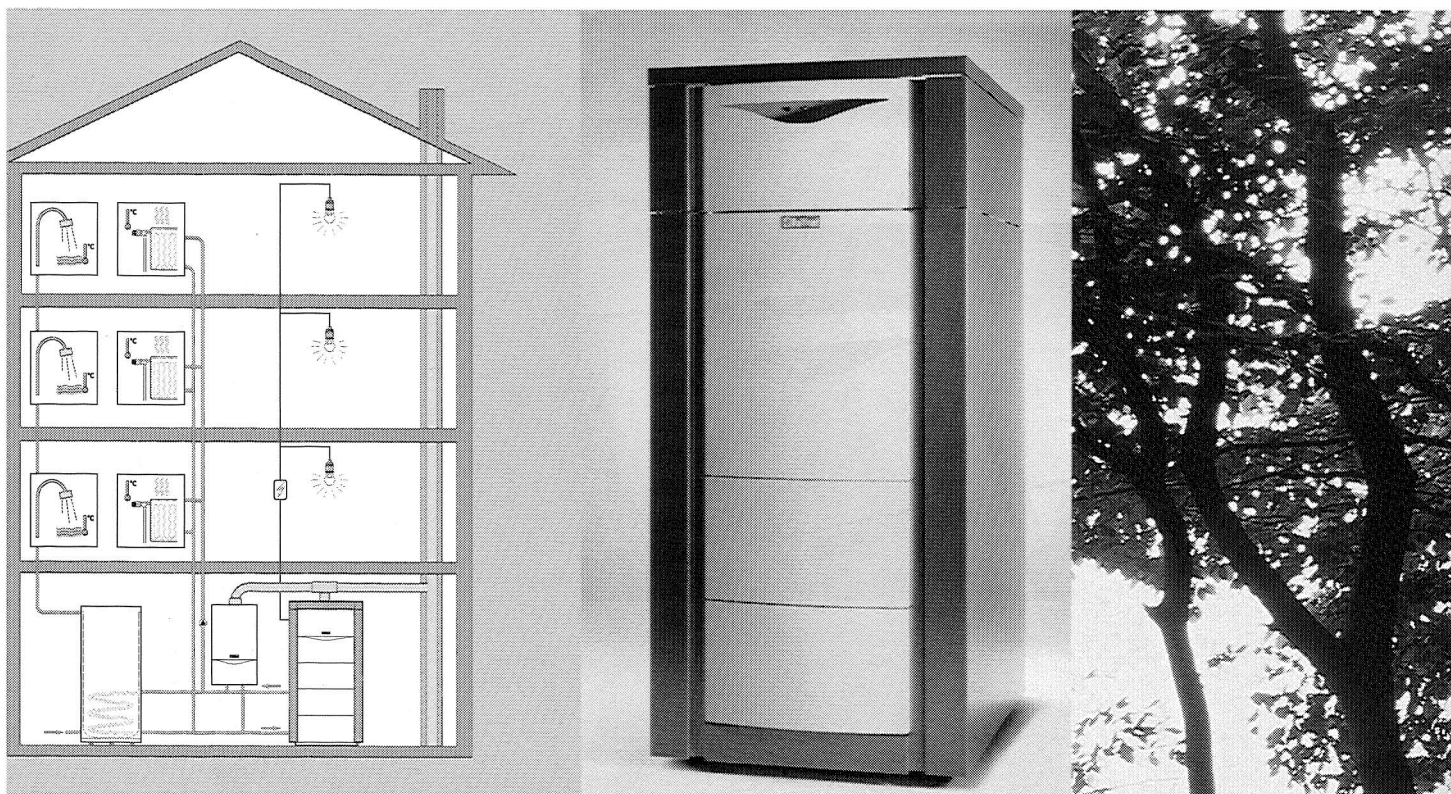
Door onze behoefte aan comfort gebruiken we steeds energie voor warmte, warm water en stroom. Helaas vergeten we hierbij veel te gemakkelijk welke bijverschijnselen dit met zich mee brengt. Zelfs als die verschijnselen ernstige gevolgen hebben. Want van alle, voor de stroomproductie gebruikte, primaire energie komt niet meer dan 33 % als stroom bij de consument aan. De rest gaat als afvalwarmte en door netverlies verloren en zorgt er in de vorm van CO₂ alleen maar voor dat onze planeet wordt opgewarmd. We weten allemaal wat daar de gevolgen van zijn: opwarming van de atmos-

feer en daardoor globale klimaatveranderingen. Met behulp van de innovatieve brandstofceltechnologie kunnen we deze ontwikkeling tegen gaan.

Efficiënt energiegebruik

Vaillant heeft zich als taak gesteld eindenergie op te wekken op dezelfde plek als waar deze wordt verbruikt: bij de mensen thuis. We zetten daarbij in op de koppeling van elektriciteit en warmte. Met behulp van een brandstofcel cv-ketel worden tegelijkertijd stroom en energie voor verwarming opgewekt. En dat met een imposante efficiency: in vergelijking met de huidige technieken, is er 25 % minder primaire

energie nodig. Bovendien wordt de uitstoot van CO₂ met maar liefst 50 % gereduceerd. Daarmee zorgt de brandstofceltechniek ervoor dat het milieu minder wordt belast. En dat de energierekening van de eindverbruiker een stuk lager wordt.



Flexibiliteit en besparing

Met precies het vermogen dat nodig is voor zo min mogelijk kosten garandeert de brandstofcel cv-ketel absolute effectiviteit. Het toestel past zich, dankzij het brede modulatiebereik, steeds flexibel aan aan de stroom- en warmtevraag. In de zomer kan het apparaat, behalve voor de stroomvoorziening, voor de bereiding van warm water worden gebruikt. In de winter zorgt een extra verwarmingstoestel ervoor dat bij zeer grote warmtevraag, deze ook geleverd kan worden. Een indirectgestookte boiler die door de brandstofcel cv-ketel wordt opgewarmd, zorgt ervoor dat de verschillen in stroom- en warmtevraag tussen de diverse

dagen en seizoenen worden gecompenseerd.

Ecologie ontmoet economie

De brandstofceltechnologie biedt zowel ecologische voordelen als economische kansen. De techniek zorgt voor arbeidsplaatsen in de industrie en het midden- en kleinbedrijf. Woningbouwverenigingen kunnen hun energiekosten merkbaar reduceren en daardoor hun onroerende zaken beter verhuurbaar maken. Energiebedrijven besparen op dure reserve-capaciteiten en profiteren van de lagere verliezen bij de stroomverdeling. En niet te vergeten: bij het ambachtelijke midden- en kleinbedrijf kan een geheel nieuw,

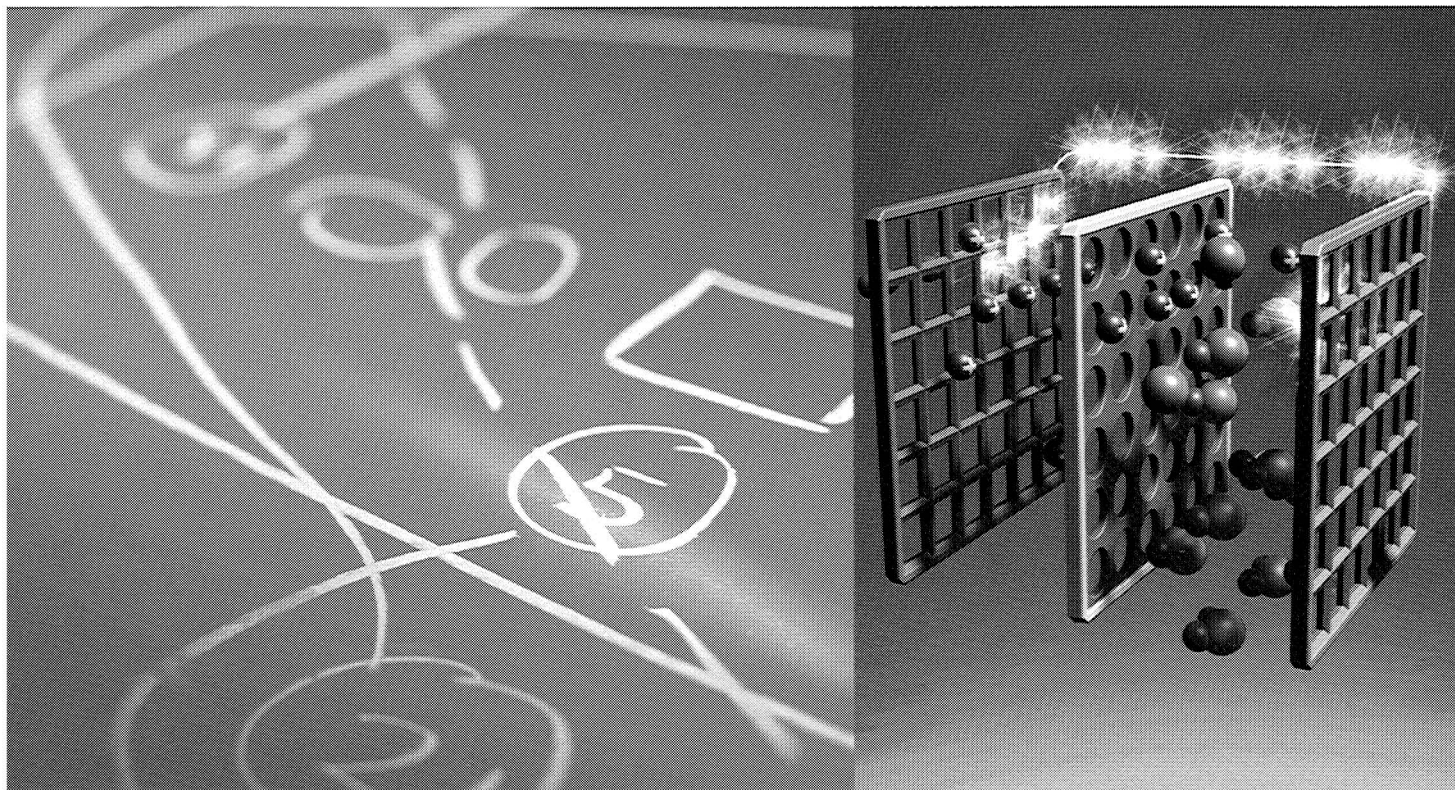
veelbelovend dienstverleningssegment worden ontsloten.

Succes dankzij betrokkenheid

Het ontwikkelen van een nieuwe technologie is één kant van het verhaal. Brede maatschappelijke acceptatie verkrijgen is de andere kant. Vaillant is actief betrokken bij initiatieven en competentie-netwerken, om zodoende de optimale juridische en structurele randvoorwaarden te realiseren die nodig zijn om het energieconcept van de toekomst consequent te kunnen implementeren. Samenwerking is de toekomst.

Perfectie

begint met samenspel



Kwaliteit en betrouwbaarheid

Samen met de deskundige Amerikaanse partner Plug Power is Vaillant druk doende de brandstofcel cv-ketel te optimaliseren. Van basistechnologie en besturing van het systeem via ontwerp en afmetingen tot aan installatie- en bedieningsvriendelijkheid.

Streven is een kwalitatief hoogwaardig product aan te bieden dat lang mee gaat en absoluut bedrijfszeker werkt.

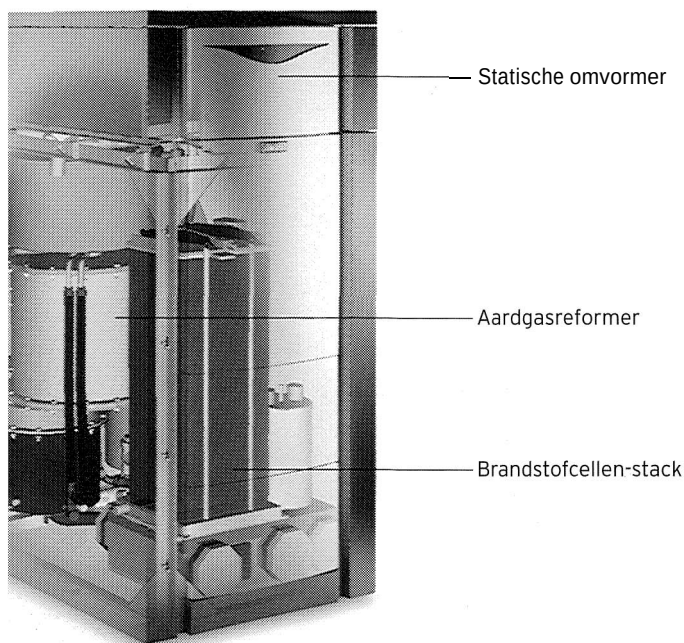
De techniek

De kern van de grensverleggende technologie is de PEM*-cel, waarin waterstof (H_2) en zuurstof (O_2) langs elektrochemische weg tot zuiver water (H_2O) reageren. Aan de anode geeft het waterstof zijn elektronen af, dringt door het elektrolietmembraan en reageert op de kathode met zuurstof tot water. Bij deze geluidloze reactie worden elektronen uitgewisseld. Het elektrolietmembraan laat alleen de waterstofprotonen (H^+) door en dwingt zo de elektronen de omweg via de stroomkring te nemen. Het gevolg: er loopt stroom. Gelijktijdig komt er warmte vrij die voor cv en het opwarmen van warm water gebruikt worden kan.

Stroom en warmte

De brandstofcel cv-ketel wordt op het aardgasnet aangesloten en steunt daarmee op een milieuvriendelijke energiebron. Samen met lucht en waterdamp stroomt het aardgas de reformer in en wordt daar tot een waterstofrijk gas, het reformaat, omgevormd. Dit reformaat komt in de brandstofcellenstapel, waar het met de zuurstof uit de lucht reageert: elektrische energie en warmte zijn het gevolg. De inverter vormt de gelijkstroom in de gebruikelijke wisselstroom om. De vrijkomende warmte komt vervolgens in het verwarmingscircuit terecht.

* PEM = Proton Exchange Membrane, protonen geleidende membraan



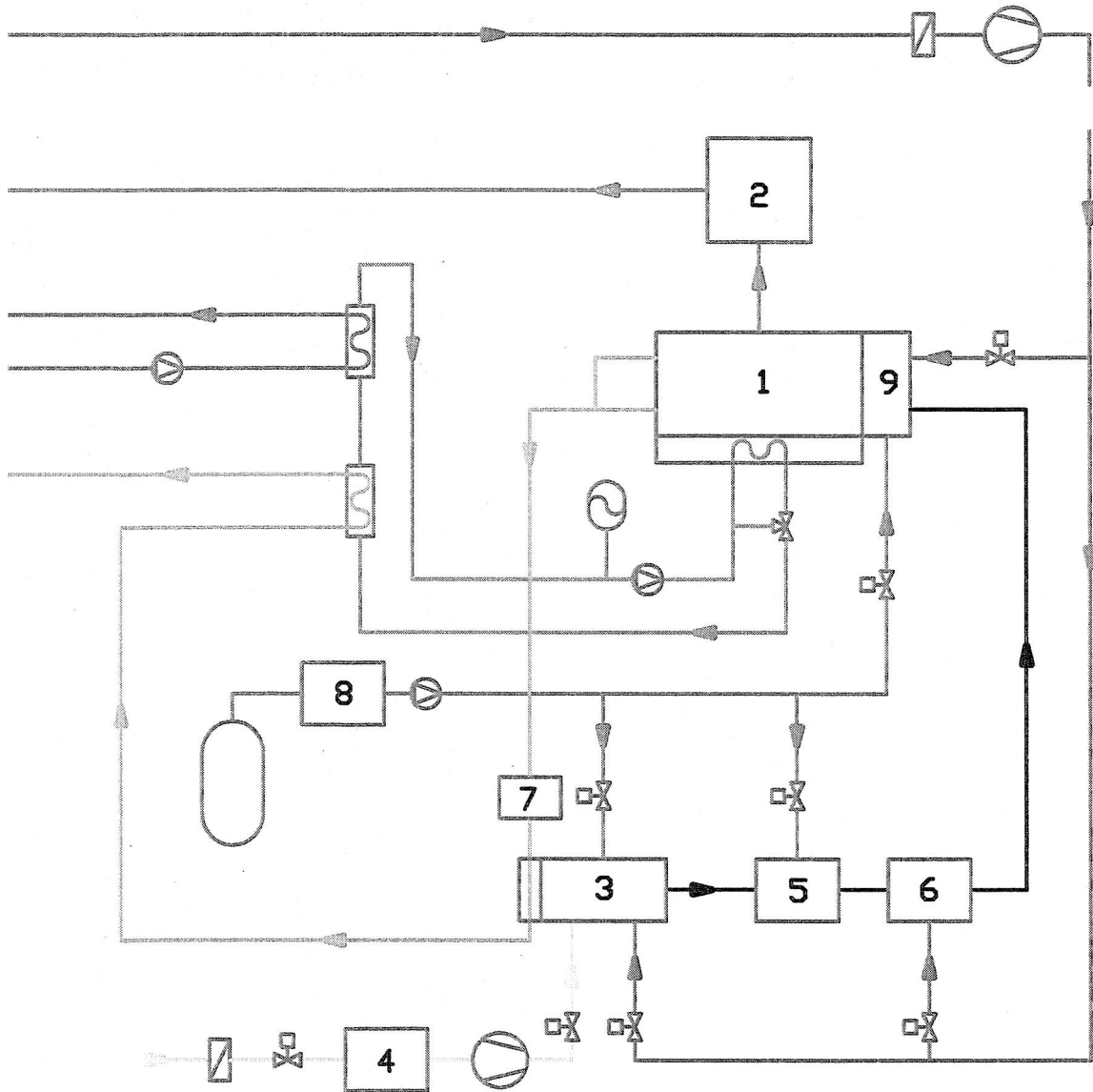
Toekomst en de installateur

De brandstofcel cv-ketel zorgt voor nieuwe energie, ook in overdrachtelijke zin, bij de zakelijke ontwikkelingen in het midden- en kleinbedrijf. Omdat bedrijven tegelijkertijd van stroom en warmte worden voorzien, wordt een veel breder scala aan prestatiemogelijkheden geboden. Zonder noemenswaardige extra kosten, want het apparaat kan in reeds aanwezige installaties geïntegreerd worden. De automatische, op afstand werkende bewaking, parametrisering en analyse garanderen dat alle onderhouds- en reparatiewerkzaamheden snel en zonder problemen kunnen worden uitgevoerd.

De technische richtwaarden in één oogopslag:

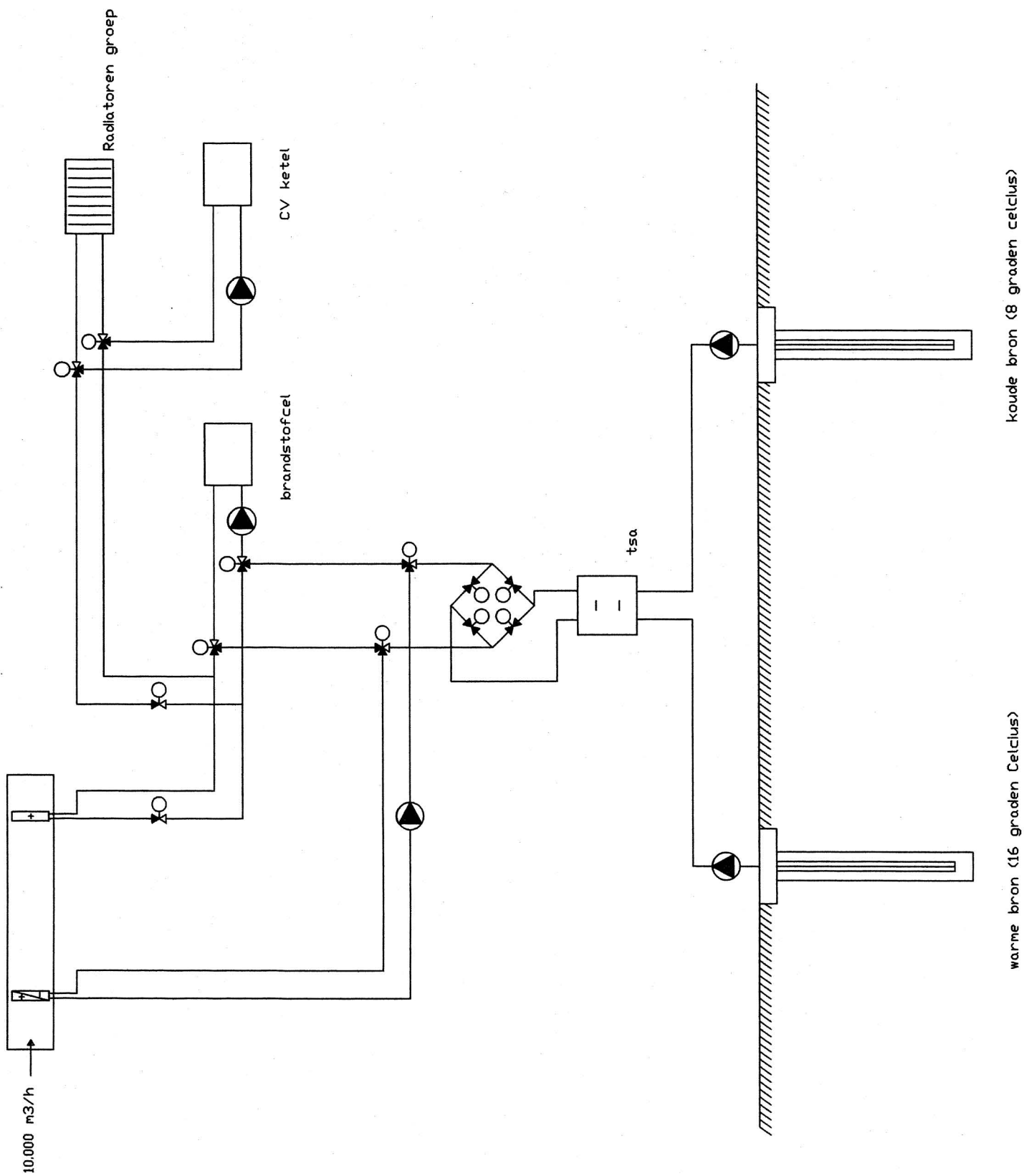
- Elektrisch vermogen: 1 - 4,6 kW_{el} modulerend, netparallel
- Thermisch vermogen: 1,5-7 kW_{th} plus ca. 25-280 kW_{th}
- Te gebruiken in: appartementgebouwen en kleine bedrijven
- Elektrisch rendement: > 35 %
- Totaal rendement: > 80 %
- Brandstof: aardgas
- Toe- en afvoertemperatuur max. 70 / 55 °C

PR1 Principeschema FCU 10



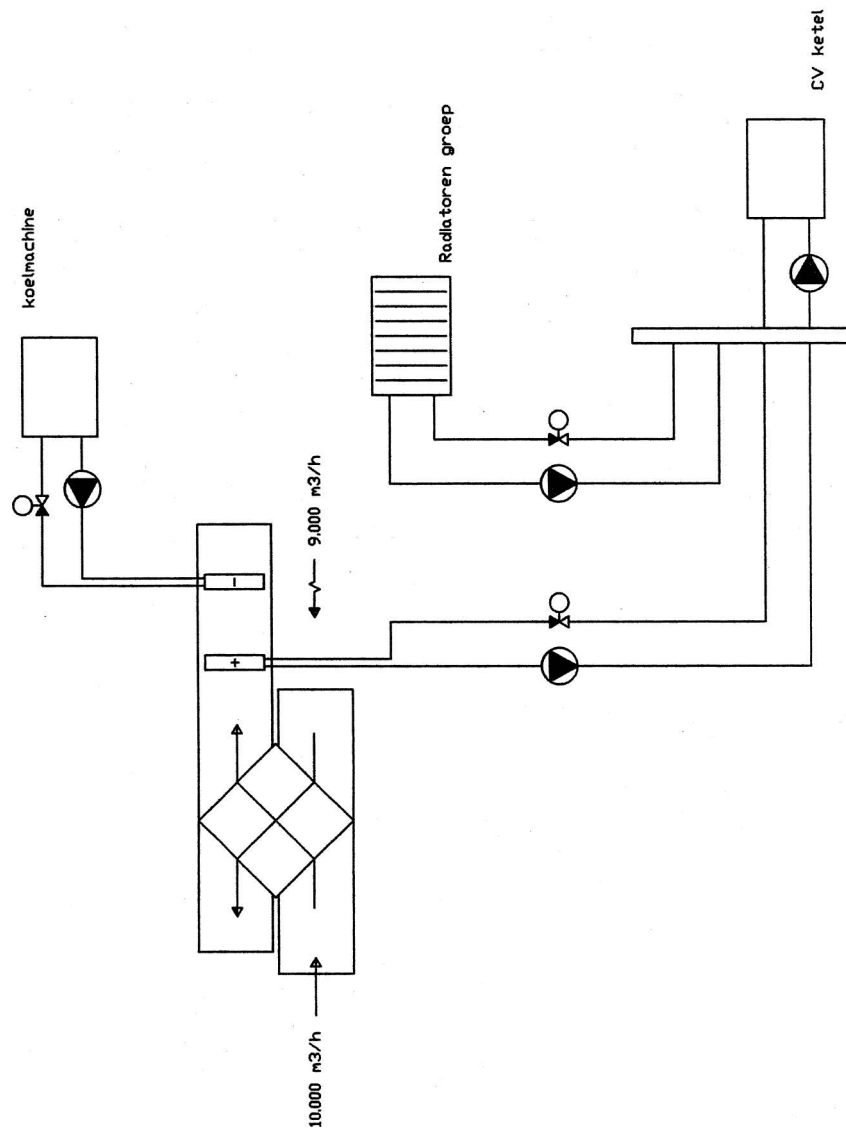
- 1 PEM brandstofcel
- 2 Ondulator (statische omvormer)
- 3 Reformer
- 4 Ontzwareling
- 5 Shiftconverter
- 6 CO reiniger
- 7 Naverbrander
- 8 Waterreiniger
- 9 Bevochtiger

	Reformaat
	Aardgas
	Lucht
	Electriciteit
	Koelcircuit
	Restgassen
	Water
	CV circuit



Bijlage 3

principeschema conventionele installatie



Klimaatgegevens

260 DE Bilt

UURWAARDEN VAN DE TEMPERATUREN IN KLASSEN VAN 1 GRAAD CELSIUS

1961 -1980 JANUARI

TIJD IN U.T.

DISTRIBUTIEF IN AANTALLEN

KLASSE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	totaal	
-22	-21,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-21	-20,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-20	-19,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-19	-18,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-18,0	-17,1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-17,0	-16,1	1	2	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
-16,0	-15,1	1	0	0	1	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	1	16	
-15,0	-14,1	2	3	2	2	4	4	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	2	2	25	
-14,0	-13,1	3	5	3	4	6	4	6	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	4	2	46	
-13,0	-12,1	2	2	5	5	6	6	2	5	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	2	0	1	1	51	
-12,0	-11,1	4	2	2	5	9	10	7	4	3	0	0	0	0	0	0	1	3	4	3	4	5	3	8	86	
-11,0	-10,1	18	13	16	11	8	9	20	16	5	8	4	1	0	0	2	4	5	3	6	6	9	6	6	173	
-10,0	-9,1	12	17	15	20	21	22	21	17	13	3	2	1	0	1	3	4	8	11	10	16	17	18	18	259	
-9,0	-8,1	17	24	29	26	26	27	22	26	14	7	7	3	3	4	6	8	12	12	16	18	16	19	19	387	
-8,0	-7,1	39	37	35	34	27	29	24	29	22	18	10	6	9	11	11	12	18	18	25	24	22	22	22	513	
-7,0	-6,1	31	37	30	33	44	45	39	27	26	27	16	13	11	12	13	22	24	24	31	27	27	31	35	670	
-6,0	-5,1	42	30	40	47	40	50	50	44	43	30	23	26	14	14	21	26	42	37	34	36	35	42	42	805	
-5,0	-4,1	53	57	67	90	89	68	60	50	46	31	32	31	28	33	30	41	29	29	38	41	39	35	35	1123	
-4,0	-3,1	86	113	106	86	89	98	78	67	56	48	41	33	33	50	52	72	69	62	59	65	72	84	84	1595	
-3,0	-2,1	128	107	126	145	108	106	82	76	71	58	55	43	46	58	58	76	65	76	75	97	108	114	114	2146	
-2,0	-1,1	191	218	207	195	209	186	175	154	128	100	81	69	52	54	65	78	89	108	121	138	138	142	144	3128	
-1,0	-0,1	236	236	261	261	257	248	222	214	184	133	121	105	88	85	93	110	133	144	157	177	198	210	219	4325	
0,0	0,9	283	283	275	287	283	282	270	241	233	213	183	150	143	137	143	158	164	194	224	229	235	263	274	299	5446
1,0	1,9	306	303	313	327	333	327	293	270	229	212	193	195	171	164	166	174	206	213	235	266	267	273	297	286	6019
2,0	2,9	321	328	329	329	339	341	327	292	257	244	200	192	192	182	199	222	209	275	268	287	316	323	318	343	6633
3,0	3,9	363	384	419	457	428	390	364	329	329	270	257	232	230	230	238	250	293	309	355	357	369	366	362	341	7922
4,0	4,9	431	469	448	404	397	384	365	377	321	316	299	296	246	242	272	315	345	353	362	381	388	361	385	385	8552
5,0	5,9	454	447	445	450	440	412	403	353	363	369	346	320	343	341	343	322	347	374	368	384	427	444	464	9271	
6,0	6,9	457	416	438	434	403	386	372	372	372	372	372	367	372	372	372	365	382	374	386	404	427	434	453	9498	
7,0	7,9	401	416	401	398	398	327	331	328	378	378	367	395	390	368	354	347	365	377	375	396	403	406	406	8910	
8,0	8,9	387	408	416	412	421	386	338	325	297	323	327	349	316	343	337	344	350	333	354	363	396	383	399	389	8638
9,0	9,9	383	383	460	447	415	345	288	281	297	283	276	323	361	318	345	324	319	306	307	351	383	354	394	8294	
10,0	10,9	453	474	418	415	433	374	295	277	260	285	292	267	290	317	282	285	269	299	336	357	380	397	436	441	8332
11,0	11,9	445	419	427	421	451	459	369	307	303	293	293	306	276	255	260	261	279	287	327	352	421	415	409	411	8446
12,0	12,9	379	405	395	388	403	441	424	343	290	278	300	297	292	285	303	287	272	304	335	396	413	397	366	8378	
13,0	13,9	425	389	374	393	378	419	452	427	371	330	311	295	302	305	272	281	325	351	350	398	385	390	375	8694	
14,0	14,9	310	330	334	320	348	405	437	427	415	396	341	322	319	318	328	329	335	405	378	380	357	349	372	8600	
15,0	15,9	263	217	216	222	248	277	381	466	343	395	383	345	340	349	317	340	360	347	370	342	310	280	280	7820	
16,0	16,9	180	174	143	118	134	193	190	171	274	300	360	391	384	356	344	332	357	300	286	242	221	209	166	140	5727
17	17,9	50	44	32	30	50	113	168	251	300	345	348	341	341	337	336	355	322	274	212	188	157	107	89	70	4551
18	18,9	30	18	17	12	11	25	66	129	150	191	239	274	308	308	303	275	235	212	172	133	86	58	46	34	3332
19	19,9	11	7	9	9	13	12	40	78	135	185	188	238	251	268	270	247	220	157	131	75	58	44	26	20	2692
20	20,9	6	6	2	1	1	9	22	62	89	119	154	174	207	202	214	197	154	137	93	71	37	28	18	15	2018
21	21,9	1	1	2	0	4	13	39	70	97	112	121	140	158	157	150	120	107	63	32	23	9	9	6	1434	
22	22,9	1	0	0	0	2	9	21	39	69	96	113	119	126	119	118	83	47	22	6	10	7	3	3	1108	
23	23,9	0	0	0	0	0	6	15	38	41	66	76	92	101	103	100	74	42	24	10	7	4	2	2	807	
24	24,9	0	0	0	0	0	2	6	18	41	73	60	76	76	76	76	40	20	6	8	4	0	0	0	590	
25	25,9	0	0	0	0	0	5	12	0	15	42	52	41	52	47	36	11	8	4	0	0	0	0	0	410	
26	26,9	0	0	0	0	0	5	19	0	24	19	27	38	40	36	32	21	14	9	0	0	0	0	0	282	
27	27,9	0	0	0	0	0	0	0	2	6	19	23	32	26	25	27	18	14	8	1	0	0	0	0	201	
28	28,9	0	0	0	0	0	0	0	5	5	12	20	13	23	23	15	10	4	0	0	0	0	0	0	140	
29	29,9	0	0	0	0	0	0	0	0	6	10	17	17	14	14	10	15	7	1	0	0	0	0	0	103	
30	30,9	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5	15	13	13	13	15	9	3	0	0	0	0	0	0	79	
31	31,9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	6	9	9	10	7	2	1	0	0	0	0	0	0	40	
32	32,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	
33	33,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
34	34,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
35	35,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SOM		7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	175320
		7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	7305	175320

Bepaling overig gebruik elektrische energie

Uitgangspunten:

Vuistregels voor installatiekosten kosten indicatoren voor gebouw gebonden installaties (zie literatuurlijst)

BVO 12300 m2

Omschrijving	Aantal W/m2			P Elektr
	min	max		kW
kantoor , verlichting (HF met hoogwaardig spiegeloptiek)	10	13	2	24.6
Kantoorapparatuur	12	25	5	61.5
Overig: Brandmeld, Toegangscontrole, Servers e.d.*	0.35	0.5	0.2	2.46
				88.56

De opgegeven vermogens volgens van **Olst** zijn de te installeren vermogens. Hierin is geen **gelijktijdig**-heidsfactor meegenomen. Er is gerekend met de vermogens in de voorlaatste kolom.
Om vervolgens te resulteren in vermogens **zoals** weergegeven in de laatste kolom.

* Niet omschreven in Vuistregels

Te laden hoeveelheid koude indien bron wordt geladen middels
change-over batterij in LBK
periode van 07.00 tot 18.00 tijdens werkdagen

T [°C] in	T [°C] uit	qv [m3/h]	T in [°C]	T uit (water)	qm [kg/s]	P [kW]	draaiuren	te laden koude
luchtzijdig	luchtzijdig	luchtzijdig	waterzijdig	waterzijdig	waterzijdig	waterzijdig		
-18	11.3	10000	14	6	2.99	100.46	0.04	3.588
-17	11.3	10000	14	6	2.89	97.10	0.04	3.468
-16	11.3	10000	14	6	2.79	93.74	0.14	13.392
-15	11.4	10000	14	6	2.69	90.38	0.18	16.14
-14	11.4	10000	14	6	2.59	87.02	0.46	40.404
-13	11.4	10000	14	6	2.49	83.66	0.61	50.796
-12	11.4	10000	14	6	2.39	80.30	0.89	71.7
-11	11.4	10000	14	6	2.29	76.94	2.25	173.124
-10	11.4	10000	14	6	2.18	73.25	2.57	188.352
-9	11.4	10000	14	6	2.08	69.89	4.96	346.944
-8	11.4	10000	14	6	1.98	66.53	6.39	425.304
-7	11.4	10000	14	6	1.88	63.17	9.82	620.4
-6	11.4	10000	14	6	1.77	59.47	11.79	700.92
-5	11.4	10000	14	6	1.67	56.11	17.21	965.928
-4	11.3	10000	14	6	1.57	52.75	22.32	1177.5
-3	11.3	10000	14	6	1.46	49.06	30.04	1473.432
-2	11.3	10000	14	6	1.35	45.36	40.39	1832.22
-1	11.2	10000	14	6	1.24	41.66	58.29	2428.416
0	11.1	10000	14	6	1.13	37.97	79.61	3022.524
1	11	10000	14	6	1.02	34.27	88.79	3042.864
2	10.9	10000	14	6	0.9	30.24	99.68	3014.28
3	10.6	10000	14	6	0.78	26.21	118.96	3117.816
4	10.3	10000	14	6	0.64	21.50	133.82	2877.696
5	9.7	10000	14	6	0.48	16.13	148.64	2397.312
6	9.4	10000	14	6	0.43	14.45	159.75	2308.068

totaal te laden hoeveelheid koude 30312.59

**Benodigd koelvermogen concept in
periode van 07.00 tot 18.00 uur tijdens werkdagen**

buitentemperatuur. [°C]	inblaas temperatuur [°C]	benodigd koelvermogen [kW]*	aant. uren/jaar tijdens werkdagen**	benodigd koelvermogen. [kWh]
22	16	33.2	45.9	1522.5
23	16	39.7	36.1	1432.0
24	16	46.5	26.9	1252.2
25	16	53.5	19.7	1052.8
26	16	60.8	13.8	840.3
27	16	68.4	9.5	647.4
28	16	76.3	6.9	523.2
29	16	84.5	4.9	410.4
30	16	93	3.6	338.8
31	16	101.8	2.8	287.2
32	16	110.9	1.4	158.4
33	16	120.38	0.1	12.9
34	16	130.2	0.1	18.6

totaal benodigd per jaar 8496.7

* **Koelvermogens** zijn berekend middels: Air Humid Handling version 5.1

** Draaiuren zijn bepaald aan de hand van temperatuurgegevensKNMI

Te laden hoeveelheid warmte indien bron wordt geladen middels change-over
batterij in LBK in de periode van 07.00 tot 18.00 tijdens werkdagen

te laden warmte

T [°C] in	T [°C] uit	qv [m3/h]	T in [°C]	Tuit [°C] (water)	qm [kg/s]	P [kW]	draaiuren	te laden warmte [kWh]
luchtzijdig	luchtzijdig	luchtzijdig	waterzijdig	waterzijdig	waterzijdig	waterzijdig		
22	14.8	10000	10	20	0.6	25.2	45.9	1155.6
23	14.4	10000	10	20	0.72	30.24	36.1	1090.8
24	14.2	10000	10	20	0.89	37.38	26.9	1006.6
25	14	10000	10	20	1.14	47.88	19.7	942.2
26	13.9	10000	10	20	1.38	57.96	13.8	801.1
27	13.8	10000	10	20	1.63	68.46	9.5	647.9
28	13.9	10000	10	20	1.86	78.12	6.9	535.7
29	13.9	10000	10	20	2.09	87.78	4.9	426.4
30	14.1	10000	10	20	2.32	97.44	3.6	355.0
31	14.2	10000	10	20	2.57	107.94	2.8	304.5
32	14.3	10000	10	20	2.82	118.44	1.4	169.2
33	14.4	10000	10	20	3.08	129.36	0.1	13.9
34	14.5	10000	10	20	3.34	140.28	0.1	20.0

totaal te laden warmte 7468.86

Gegevens Changeover batterij (Recupair)

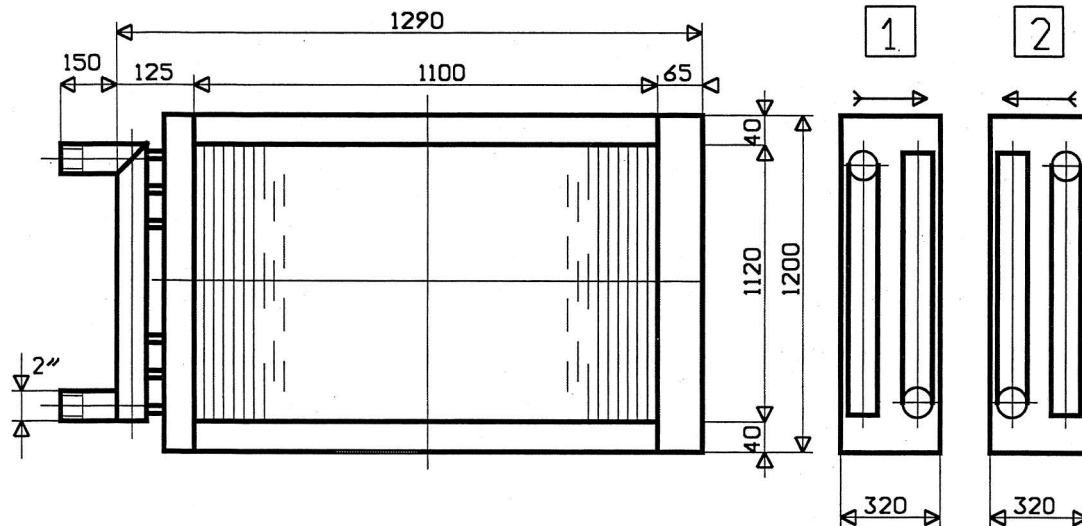
CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101	
FIN SIDE		Reqrd		TUBE SIDE	
Fluid: air		10000		Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	"C 14
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	"C 6
Inlet temp.	°C	-18	-18,0	Velocity	m/s
Outlet temp.	°C		11,3	Note: header dimension by water flow	
Face velocity	m/sec		2,3	Pressure drop	kPa
Pressure drop	Pa		124		162,7
Capacity	kW		100,19		

COIL DATA					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm
Finned heigth	mm	1120	1120	Tube thickness	mm
Row number		8	8,00	Fin thickness	mm
Est.td empty mass	kg		138	Surface	m2
Fluid content	dm3		58,9		241,9

COIL MODEL: P40-16 AC 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al



OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

F A C O srl

DATA SHEET 2 15810(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA				NL/1/4/37/0101					
FIN SIDE		Reqrd		Calcul.		TUBE SIDE		Reqrd		Calcul.	
Fluid: air						Fluid: WATER					
Quantity	m3/h	10000	10000			Quantity	l/s			2,89	
Dry air	kg/s		3,40			Inlet temp.	°C	14		14,0	
Specific gravity	kg/m3		1,2250			Outlet temp.	"C	6		6,0	
Inlet temp.	°C	-17	-17,0			Velocity	m/s			2,14	
Outlet temp.	°C		11,3			Note: header dimension by water flow					
Face velocity	m/sec		2,3			Pressure drop	kPa			153,1	
Pressure drop	Pa		125								
Capacity	kW		96,83								
COIL DATA											
Finned length	mm	1100	1100			Tube diameter	mm			16,50	
Finned heigth	mm	1120	1120			Tube thickness	mm			0,40	
Row number		8	8,00			Fin thickness	mm			0,13	
Est.td empty mass	kg		138			Surface	m2			241,9	
Fluid content	dm3		58,9								
COIL MODEL: P40-16 AC 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al											

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

F A C O srl

DATA SHEET 3 15811(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/11413710101	
FIN SIDE		Reqrd	Calcul.	TUBE SIDE	
Fluid: air				Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s 2,79
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	"C 14 14,0
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	"C 6 6,0
Inlet temp.	°C	-16	-16,0	Velocity	m/s 2,06
Outlet temp.	°C		11,3	Note: header dimension by water flow	
Face velocity	m/sec		2,3	Pressure drop	kPa 143,8
Pressure drop	Pa		125		
Capacity	kW		93,46		
COIL DATA					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm 16,50
Finned heigth	mm	1120	1120	Tube thickness	mm 0,40
Row number		8	8,00	Fin thickness	mm 0,13
Est.td empty mass	kg		138	Surface	m2 241,9
Fluid content	dm3		58,9		
COIL MODEL: P40-16 AC 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al					

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

F A C O srl

DATA SHEET 4 15812(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101	
FIN SIDE		Reqrd	Calcul.	TUBE SIDE	
Fluid: air				Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s 2,69
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	"C 14 14,0
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	°C 6 6,0
Inlet temp.	"C	-15	-15,0	Velocity	m/s 1,99
Outlet temp.	"C		11,4	Pressure drop	kPa 134,7
Face velocity	m/sec		2,3		
Pressure drop	Pa		125		
Capacity	kW		90,09		
COIL DATA					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm 16,50
Finned height	mm	1120	1120	Tube thickness	mm 0,40
Row number		8	8,00	Fin thickness	mm 0,13
Est.td empty mass	kg		136	Surface	m2 241,9
Fluid content	dm3		56,4		
COIL MODEL: P40-16 AC 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al					

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

F A C O srl

DATA SHEET 5 15813(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/11413710101	
FIN SIDE		Reqrd	Calcul.	TUBE SIDE	
Fluid: air				Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s 2,59
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	"C 14 14,0
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	"C 6 6,0
Inlet temp.	°C	-14	-14,0	Velocity	m/s 1,92
Outlet temp.	°C		11,4	Pressure drop	kPa 125,8
Face velocity	m/sec		2,3		
Pressure drop	Pa		125		
Capacity	kW		86,72		
COIL DATA					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm 16,50
Finned heigth	mm	1120	1120	Tube thickness	mm 0,40
Row number		8	8,00	Fin thickness	mm 0,13
Est.td empty mass	kg		136	Surface	m2 241,9
Fluid content	dm3		56,4		
COIL MODEL: P40-16 AC 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al					

F A C O srl

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

DATA SHEET 6 15814(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101	
FIN SIDE		Reqrd	Calcul.	TUBE SIDE	
Fluid: air				Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s 2,49
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	°C 14 14,0
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	°C 6 6,0
Inlet temp.	°C	-13	-13,0	Velocity	m/s 1,84
Outlet temp.	°C		11,4	Pressure drop	kPa 117,2
Face velocity	m/sec		2,3		
Pressure drop	Pa		126		
Capacity	kW		83,34		
COIL DATA					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm 16,50
Finned heigth	mm	1120	1120	Tube thickness	mm 0,40
Row number		8	8,00	Fin thickness	mm 0,13
Est.td empty mass	kg		136	Surface	m2 241,9
Fluid content	dm3		56,4		
COIL MODEL: P40-16 AC 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al					

F A C O srl

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

DATA SHEET 7 15815(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101	
F I N S I D E		Reqrd	Calcul.	T U B E S I D E	
Fluid: air				Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	"C
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	"C
Inlet temp.	°C	-12	-12,0	Velocity	m/s
Outlet temp.	"C		11,4	Pressure drop	kPa
Face velocity	m/sec		2,3		
Pressure drop	Pa		126		
Capacity	kW		79,95		
C O I L D A T A					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm
Finned heigth	mm	1120	1120	Tube thickness	mm
Row number		8	8,00	Fin thickness	mm
Est.td empty mass	kg		136	Surface	m2
Fluid content	dm3		56,4		
COIL MODEL: P40-16 AC 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al					

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

F A C O srl

DATA SHEET 8 15816(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101	
FIN SIDE		Reqrd	Calcul.	TUBE SIDE	
Fluid: air				Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s 2,29
Dry air			3,40	Inlet temp.	°C 14 14,0
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	°C 6 6,0
Inlet temp.	"C	-11	-11,0	Velocity	m/s 1,69
Outlet temp.	°C		11,4	Pressure drop	kPa 100,8
Face velocity	m/sec		2,3		
Pressure drop	Pa		126		
Capacity	kW		76,56		
COIL DATA					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm 16,50
Finned heigth	mm	1120	1120	Tube thickness	mm 0,40
Row number		8	8,00	Fin thickness	mm 0,13
Est.td empty mass	kg		136	Surface	m2 241,9
Fluid content	dm3		56,4		
COIL MODEL: P40-16 AC 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al					

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

F A C O srl

DATA SHEET 9 15817(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101	
FIN SIDE		Reqrd	Calcul.	TUBE SIDE	
Fluid: air				Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s 2,18
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	°C 14 14,0
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	°C 6 6,0
Inlet temp.	°C	-10	-10,0	Velocity	m/s 1,62
Outlet temp.	°C		11,4	Pressure drop	kPa 92,9
Face velocity	m/sec		2,3		
Pressure drop	Pa		126		
Capacity	kW		73,15		
COIL DATA					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm 16,50
Finned height	mm	1120	1120	Tube thickness	mm 0,40
Row number		8	8,00	Fin thickness	mm 0,13
Est.td empty mass	kg		136	Surface	m2 241,9
Fluid content	dm3		56,4		
COIL MODEL: P40-16 AC 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al					

Date: 16/06/04

DATA SHEET 10 15818(-1.2-N-7)

Ref: H. TEN HOOR

COIL MODEL: P40-16 AC 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

F A C O srl

DATA SHEET 11 15819(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101	
FIN SIDE		Reqrd		TUBE SIDE	
Fluid: air			Calc.	Fluid: WATER	Reqrd
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	°C
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	°C
Inlet temp.	°C	-8	-8,0	Velocity	m/s
Outlet temp.	°C		11,4	Pressure drop	kPa
Face velocity	m/sec		2,3		
Pressure drop	Pa		127		
Capacity	kW		66,31		
COIL DATA					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm
Finned height	mm	1120	1120	Tube thickness	mm
Row number		8	8,00	Fin thickness	mm
Est.td empty mass	kg		136	Surface	m2
Fluid content	dm3		56,4		
COIL MODEL: P40-16 AC 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al					

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

F A C O srl

DATA SHEET 12 15820(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA				NL/1/4/37/0101					
FIN SIDE		Reqrd		Calcul.		TUBE SIDE		Reqrd		Calcul.	
Fluid: air						Fluid: WATER					
Quantity	m3/h	10000	10000			Quantity	l/s		1,88		
Dry air	kg/s		3,40			Inlet temp.	"C	14	14,0		
Specific gravity	kg/m3		1,2250			Outlet temp.	"C	6	6,0		
Inlet temp.	°C	-7	-7,0			Velocity	m/s		1,39		
Outlet temp.	°C		11,4			Pressure drop	kPa		71,0		
Face velocity	m/sec		2,3								
Pressure drop	Pa		127								
Capacity	kW		62,87								
COIL DATA											
Finned length	mm	1100	1100			Tube diameter	mm		16,50		
Finned heigth	mm	1120	1120			Tube thickness	mm		0,40		
Row number		8	8,00			Fin thickness	mm		0,13		
Est.td empty mass	kg		136			Surface	m2		241,9		
Fluid content	dm3		56,4								
COIL MODEL: P40-16 AC 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al											

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

P A C O srl

DATA SHEET 13 15821(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101			
FIN SIDE		Reqrd Calcul.		TUBE SIDE		Reqrd Calcul.	
Fluid: air				Fluid: WATER			
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s		1,77
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	°C	14	14,0
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	°C	6	6,0
Inlet temp.	°C	-6	-6,0	Velocity	m/s		1,31
Outlet temp.	°C		11,4	Pressure drop	kPa		64,2
Face velocity	m/sec		2,3				
Pressure drop	Pa		127				
Capacity	kW		59,41				
COIL DATA							
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm		16,50
Finned heigth	mm	1120	1120	Tube thickness	mm		0,40
Row number		8	8,00	Fin thickness	mm		0,13
Est.td empty mass	kg		136	Surface	m2		241,9
Fluid content	dm3		56,4				
COIL MODEL: P40-16 AC 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al							

OFFERTE 2752
Date: 16/06/04

F A C O srl

DATA SHEET 14 15822(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101	
F I N S I D E		Reqrd		T U B E S I D E	
Fluid: air		Calcul.		Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	°C
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	"C
Inlet temp.	°C	-5	-5,0	Velocity	m/s
Outlet temp.	"C		11,4	Pressure drop	kPa
Face velocity	m/sec		2,3		
Pressure drop	Pa		127		
Capacity	kW		55,93		
C O I L D A T A					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm
Finned heigth	mm	1120	1120	Tube thickness	mm
Row number		8	8,00	Fin thickness	mm
Est.td empty mass	kg		136	Surface	m2
Fluid content	dm3		56,4		
COIL MODEL: P40-16 AC 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al					

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

F A C O srl

DATA SHEET 15 15823(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101	
FIN SIDE		Reqrd	Calcul.	TUBE SIDE	
Fluid: air				Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	"C
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	"C
Inlet temp.	"C	-4	-4,0	Velocity	m/s
Outlet temp.	"C		11,3	Pressure drop	kPa
Face velocity	m/sec		2,3		
Pressure drop	Pa		128		
Capacity	kW		52,42		
COIL DATA					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm
Finned heigth	mm	1120	1120	Tube thickness	mm
Row number		8	8,00	Fin thickness	mm
Est.td empty mass	kg		136	Surface	m2
Fluid content	dm3		56,4		
COIL MODEL: P40-16 AC 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al					

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

F A C O srl

DATA SHEET 16 15824(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101	
FIN SIDE		Reqrd		TUBE SIDE	
Fluid: air		Calcul.		Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s
Dry air			3,40	Inlet temp.	°C
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	°C
Inlet temp.	°C	-3	-3,0	Velocity	m/s
Outlet temp.	°C		11,3	Pressure drop	kPa
Face velocity	m/sec		2,3		
Pressure drop	Pa		128		
Capacity	kW		48,89		
COIL DATA					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm
Finned height	mm	1120	1120	Tube thickness	mm
Row number		8	8,00	Fin thickness	mm
Est. td empty mass	kg		136	Surface	m2
Fluid content	dm3		56,4		
COIL MODEL: P40-16 AC 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al					

OFFERTE 2752
Date: 16/06/04

F A C O srl

DATA SHEET 17 15825(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101	
FIN SIDE		Reqr'd		TUBE SIDE	
Fluid: air		Calcul.		Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	"C
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	°C
Inlet temp.	°C	-2	-2,0	Velocity	mls
Outlet temp.	"C		11,3	Pressure drop	kPa
Face velocity	m/sec		2,3		
Pressure drop	Pa		128		
Capacity	kW		45,31		
COIL DATA					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm
Finned heigth	mm	1120	1120	Tube thickness	mm
Row number		8	8,00	Fin thickness	mm
Est.td empty mass	kg		136	Surface	m2
Fluid content	dm3		56,4		
COIL MODEL: P40-16 AC 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al					

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

F A C O srl

DATA SHEET 18 15826(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101	
FIN SIDE		Reqrd	Calcul.	TUBE SIDE	
Fluid: air				Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	"C
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	"C
Inlet temp.	"C	-1	-1,0	Velocity	m/s
Outlet temp.	°C		11,2	Pressure drop	kPa
Face velocity	m/sec		2,3		
Pressure drop	Pa		128		
Capacity	kW		41,68		
COIL DATA					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm
Finned heigth	mm	1120	1120	Tube thickness	mm
Row number		8	8,00	Fin thickness	mm
Est.td empty mass	kg		136	Surface	m2
Fluid content	dm3		56,4		
COIL MODEL: P40-16 AC 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al					

OFFERTE 2752
Date: 16/06/04

P A C O srl

DATA SHEET 19 15827(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101	
FIN SIDE		Reqrd	Calcul.	TUBE SIDE	
Fluid: air				Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	"C
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	"C
Inlet temp.	°C	.00001	0,0	Velocity	m/s
Outlet temp.	"C		11,1	Pressure drop	kPa
Face velocity	m/sec		2,3		
Pressure drop	Pa		129		
Capacity	kW		37,99		
COIL DATA					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm
Finned heigth	mm	1120	1120	Tube thickness	mm
Row number		8	8,00	Fin thickness	mm
Est.td empty mass	kg		136	Surface	m2
Fluid content	dm3		56,4		
COIL MODEL: P40-16 A C 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al					

F A C O srl

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

DATA SHEET 20 15828(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101			
FIN SIDE		Reqrd Calcul.		TUBE SIDE		Reqrd Calcul.	
Fluid: air				Fluid: WATER			
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s		1,02
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	"C	14	14,0
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	°C	6	6,0
Inlet temp.	"C	1	1,0	Velocity	m/s		0,76
Outlet temp.	"C		11,0	Pressure drop	kPa		24,0
Face velocity	m/sec		2,3				
Pressure drop	Pa		129				
Capacity	kW		34,20				
COIL DATA							
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm		16,50
Finned heigth	mm	1120	1120	Tube thickness	mm		0,40
Row number		8	8,00	Fin thickness	mm		0,13
Est.td empty mass	kg		136	Surface	m2		241,9
Fluid content	dm3		56,4				
COIL MODEL: P40-16 AC 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al							

OFFERTE 2752
Date: 16/06/04

F A C O srl

DATA SHEET 21 15829(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101	
FIN SIDE		Reqrd	Calcul.	TUBE SIDE	
Fluid: air				Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s 0,90
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	"C 14 14,0
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	"C 6 6,0
Inlet temp.	°C	2	2,0	Velocity	m/s 0,67
Outlet temp.	°C		10,9	Pressure drop	kPa 19,3
Face velocity	m/sec		2,3		
Pressure drop	Pa		129		
Capacity	kW		30,26		
COIL DATA					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm 16,50
Finned heigth	mm	1120	1120	Tube thickness	mm 0,40
Row number		8	8,00	Fin thickness	mm 0,13
Est.td empty mass	kg		136	Surface	m2 241,9
Fluid content	dm3		56,4		
COIL MODEL: P40-16 AC 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al					

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

F A C O srl

DATA SHEET 22 15830(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101	
F I N S I D E		Reqr'd	Calcul.	T U B E S I D E	
Fluid: air				Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	"C
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	"C
Inlet temp.	°C	3	3,0	Velocity	m/s
Outlet temp.	"C		10,6	Pressure drop	kPa
Face velocity	m/sec		2,3		
Pressure drop	Pa		129		
Capacity	kW		26,12		
C O I L D A T A					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm
Finned heigth	mm	1120	1120	Tube thickness	mm
Row number		8	8,00	Fin thickness	mm
Est.td empty mass	kg		136	Surface	m2
Fluid content	dm3		56,4		
COIL MODEL: P40-16 AC 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al					

F A C O srl

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

DATA SHEET 23 15831(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101	
F I N S I D E		Reqrd	Calcul.	T U B E S I D E	
Fluid: air				Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	"C
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	"C
Inlet temp.	°C	4	4,0	Velocity	m/s
Outlet temp.	°C		10,3	Pressure drop	kPa
Face velocity	m/sec		2,3		
Pressure drop	Pa		129		
Capacity	kW		21,59		
C O I L D A T A					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm
Finned heigth	mm	1120	1120	Tube thickness	mm
Row number		8	8,00	Fin thickness	mm
Est.td empty mass	kg		136	Surface	m2
Fluid content	dm3		56,4		
COIL MODEL: P40-16 AC 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al					

F A C O srl

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101	
FIN SIDE		Reqrd	Calcul.	TUBE SIDE	Reqrd Calcul.
Fluid: air				Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s 0,48
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	"C 14 14,0
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	"C 6 6,0
Inlet temp.	°C	5	5,0	Velocity	m/s 0,36
Outlet temp.	°C		9,7	Pressure drop	kPa 6,4
Face velocity	m/sec		2,3		
Pressure drop	Pa		129		
Capacity	kW		16,20		
COIL DATA					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm 16,50
Finned heigth	mm	1120	1120	Tube thickness	mm 0,40
Row number		8	8,00	Fin thickness	mm 0,13
Est.td empty mass	kg		136	Surface	m2 241,9
Fluid content	dm3		56,4		
COIL MODEL: P40-16 AC 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al					

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

F A C O srl

DATA SHEET 25 15833(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101	
FIN SIDE		Reqrd	Calcul.	TUBE SIDE	
Fluid: air				Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	"C
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	"C
Inlet temp.	"C	22	22,0	Velocity	m/s
Relative humid.	%	55	55	Pressure drop	kPa
Outlet temp.	°C		14,8		
Relative humid.	%		86		
Sensible heat ratio			1,00		
Face velocity	m/sec		2,3		
Pressure drop	Pa		134		
Capacity	kW		25,04		
COIL DATA					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm
Finned heigth	mm	1120	1120	Tube thickness	mm
Row number		8	8,00	Fin thickness	mm
Est.td empty mass	kg		136	Surface	m2
Fluid content	dm3		56,4		

COIL MODEL: P40-16 AR 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

F A C O srl

DATA SHEET 26 15834(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA				NL111413710101					
FIN SIDE		Reqrd		Calcul.		TUBE SIDE		Reqrd		Calcul.	
Fluid: air						Fluid: WATER					
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity		l/s	0,72				
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.		°C	10	10,0			
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.		°C	20	20,0			
Inlet temp.	°C	23	23,0	Velocity		m/s		0,53			
Relative humid.	%	55	55	Pressure drop		kPa		15,9			
Outlet temp.	°C		14,4								
Relative humid.	%		94								
Sensible heat ratio			1,00								
Face velocity	m/sec		2,3								
Pressure drop	Pa		135								
Capacity	kW		29,95								
COIL DATA											
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter		mm		16,50			
Finned heigth	mm	1120	1120	Tube thickness		mm		0,40			
Row number		8	8,00	Fin thickness		mm		0,13			
Est.td empty mass	kg		136	Surface		m2		241,9			
Fluid content	dm3		56,4								
COIL MODEL: P40-16 AR 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al											

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

F A C O srl

DATA SHEET 27 15835(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101	
FIN SIDE		Reqrd	Calcul.	TUBE SIDE	
Fluid: air				Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	"C
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	"C
Inlet temp.	°C	24	24,0	Velocity	m/s
Relative humid.	%	55	55	Pressure drop	kPa
Outlet temp.	"C		14,2		
Relative humid.	%		98		
Sensible heat ratio			0,92		
Condensed water	kg/s		0,0012		
Face velocity	m/sec		2,3		
Pressure drop	Pa		140		
Capacity	kW		37,20		
COIL DATA					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm
Finned heigth	mm	1120	1120	Tube thickness	mm
Row number		8	8,00	Fin thickness	mm
Est.td empty mass	kg		136	Surface	m2
Fluid content	dm3		56,4		
COIL MODEL: P40-16 AR 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al					

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

F A C O srl

DATA SHEET 28 15836(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101	
F I N S I D E		Reqrd	Calcul.	T U B E S I D E	
Fluid: air				Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	°C
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	°C
Inlet temp.	"C	25	25,0	Velocity	m/s
Relative humid.	%	55	55	Pressure drop	kPa
Outlet temp.	"C		14,0		
Relative humid.	%		98		
Sensible heat ratio			0,81		
Condensed water	kg/s		0,0037		
Face velocity	m/sec		2,3		
Pressure drop	Pa		149		
Capacity	kW		47,55		
C O I L D A T A					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm
Finned heigth	mm	1120	1120	Tube thickness	mm
Row number		8	8,00	Fin thickness	mm
Est.td empty mass	kg		136	Surface	m2
Fluid content	dm3		56,4		

COIL MODEL: P40-16 AR 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

F A C O srl

DATA SHEET 29 15837(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L	THERMODYNAMIC DATA				NL/1/4/37/0101		
FIN SIDE		Reqrd	Calcul.	TUBE SIDE		Reqrd	Calcul.
Fluid: air				Fluid: WATER			
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s		1,38
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	°C	10	10,0
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	°C	20	20,0
Inlet temp.	°C	26	26,0	Velocity	m/s		1,02
Relative humid.	%	55	55	Pressure drop	kPa		51,2
Outlet temp.	°C		13,9				
Relative humid.	%		98				
Sensible heat ratio			0,73				
Condensed water	kg/s		0,0062				
Face velocity	m/sec		2,3				
Pressure drop	Pa		154				
Capacity	kW		57,72				
COIL DATA							
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm		16,50
Finned heigth	mm	1120	1120	Tube thickness	mm		0,40
Row number		8	7,98	Fin thickness	mm		0,13
Est.td empty mass	kg		136	Surface	m2		241,9
Fluid content	dm3		56,4				

COIL MODEL: P40-16 AR 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al

Date: 16/06/04

DATA SHEET 30 15838(-1.2-N-7)

Ref: H. TEN HOOR

COIL MODEL: P40-16 AR 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

F A C O srl

DATA SHEET 31 15839(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101	
F I N S I D E		Reqrd	Calcul.	T U B E S I D E	
Fluid: air				Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	"C
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	"C
Inlet temp.	"C	28	28,0	Velocity	m/s
Relative humid.	%	55	55	Pressure drop	kPa
Outlet temp.	"C		13,9		
Relative humid.	%		98		
Sensible heat ratio			0,64		
Condensed water	kg/s		0,0113		
Face velocity	m/sec		2,3		
Pressure drop	Pa		162		
Capacity	kW		77,92		
C O I L D A T A					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm
Finned height	mm	1120	1120	Tube thickness	mm
Row number		8	8,01	Fin thickness	mm
Est. td empty mass	kg		136	Surface	m2
Fluid content	dm3		56,4		

COIL MODEL: P40-16 AR 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

F A C O srl

DATA SHEET 32 15840(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/3710101	
FIN SIDE		Reqrd	Calcul.	TUBE SIDE	
Fluid: air				Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	"C
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	"C
Inlet temp.	°C	29	29,0	Velocity	m/s
Relative humid.	%	55	55	Pressure drop	kPa
Outlet temp.	°C		13,9		
Relative humid.	%		98		
Sensible heat ratio			0,60		
Condensed water	kg/s		0,0139		
Face velocity	m/sec		2,3		
Pressure drop	Pa		164		
Capacity	kW		87,63		
COIL DATA					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm
Finned heigth	mm	1120	1120	Tube thickness	mm
Row number		8	8,02	Fin thickness	mm
Est.td empty mass	kg		136	Surface	m2
Fluid content	dm3		56,4		

COIL MODEL: P40-16 AR 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

F A C O srl

DATA SHEET 33 1584l(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101	
F I N S I D E		Reqrd	Calcul.	T U B E S I D E	
Fluid: air				Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	"C
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	"C
Inlet temp.	°C	30	30,0	Velocity	m/s
Relative humid.	%	55	55	Pressure drop	kPa
Outlet temp.	°C		14,1		
Relative humid.	%		98		
Sensible heat ratio			0,58		
Condensed water	kg/s		0,0165		
Face velocity	m/sec		2,3		
Pressure drop	Pa		167		
Capacity	kW		97,31		
C O I L D A T A					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm
Finned heigth	mm	1120	1120	Tube thickness	mm
Row number		8	7,98	Fin thickness	mm
Est.td empty mass	kg		136	Surface	m2
Fluid content	dm3		56,4		

COIL MODEL: P40-16 AR 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

F A C O srl

DATA SHEET 34 15842(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101	
FIN SIDE		Reqrd	Calcul.	TUBE SIDE	
Fluid: air				Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	°C
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	°C
Inlet temp.	"C	31	31,0	Velocity	m/s
Relative humid.	%	55	55	Pressure drop	kPa
Outlet temp.	"C		14,2		
Relative humid.	%		98		
Sensible heat ratio			0,55		
Condensed water	kg/s		0,0193		
Face velocity	m/sec		2,3		
Pressure drop	Pa		169		
Capacity	kW		107,58		
COIL DATA					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm
Finned height	mm	1120	1120	Tube thickness	mm
Row number		8	8,00	Fin thickness	mm
Est. td empty mass	kg		136	Surface	m2
Fluid content	dm3		56,4		

COIL MODEL: P40-16 AR 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

F A C O srl

DATA SHEET 35 15843(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101	
FIN SIDE		Reqrd	Calcul.	TUBE SIDE	
Fluid: air				Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	"C
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	"C
Inlet temp.	°C	32	32,0	Velocity	m/s
Relative humid.	%	55	55	Note: header dimension by water flow	
Outlet temp.	°C		14,3	Pressure drop	kPa
Relative humid.	%		98		182,8
Sensible heat ratio			0,53		
Condensed water			0,0221		
Face velocity	m/sec		2,3		
Pressure drop	Pa		170		
Capacity	kW		117,96		
COIL DATA					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm
Finned height	mm	1120	1120	Tube thickness	mm
Row number		8	8,00	Fin thickness	mm
Est.td empty mass	kg		138	Surface	m2
Fluid content	dm3		58,9		241,9

COIL MODEL: P40-16 AR 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

F A C O srl

DATA SHEET 36 15844(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101	
F I N S I D E		Reqrd	Calcul.	T U B E S I D E	
Fluid: air				Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s 3,08
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	°C 10 10,0
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	°C 20 20,0
Inlet temp.	°C	33	33,0	Velocity	m/s 2,28
Relative humid.	%	55	55	Note: header dimension by water flow	
Outlet temp.	°C		14,4	Pressure drop	kPa 213,9
Relative humid.	%		98		
Sensible heat ratio			0,51		
Condensed water	kg/s		0,0252		
Face velocity	m/sec		2,3		
Pressure drop	Pa		172		
Capacity	kW		128,83		
C O I L D A T A					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm 16,50
Finned height	mm	1120	1120	Tube thickness	mm 0,40
Row number		8	8,00	Fin thickness	mm 0,13
Est.td empty mass	kg		138	Surface	m2 241,9
Fluid content	dm3		58,9		
COIL MODEL: P40-16 AR 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al					

OFFERTE 2752

Date: 16/06/04

F A C O srl

DATA SHEET 37 15845(-1.2-N-7)

CUSTOMER: UNICA-EMMEN

Ref: H. TEN HOOR

Standard L		THERMODYNAMIC DATA		NL/1/4/37/0101	
FIN SIDE		Reqrd	Calcul.	TUBE SIDE	
Fluid: air				Fluid: WATER	
Quantity	m3/h	10000	10000	Quantity	l/s 3,34
Dry air	kg/s		3,40	Inlet temp.	"C 10 10,0
Specific gravity	kg/m3		1,2250	Outlet temp.	"C 20 20,0
Inlet temp.	"C	34	34,0	Velocity	m/s 2,47
Relative humid.	%	55	55	Note: CHECK WATER VELOCITY !!!	
Outlet temp.	"C		14,5	Note: header dimension by water flow	
Relative humid.	%		99	Pressure drop	kPa 247,7
Sensible heat ratio			0,49		
Condensed water	kg/s		0,0283		
Face velocity	m/sec		2,3		
Pressure drop	Pa		173		
Capacity	kW		139,91		
COIL DATA					
Finned length	mm	1100	1100	Tube diameter	mm 16,50
Finned heigth	mm	1120	1120	Tube thickness	mm 0,40
Row number		8	8,01	Fin thickness	mm 0,13
Est.td empty mass	kg		138	Surface	m2 241,9
Fluid content	dm3		58,9		
COIL MODEL: P40-16 AR 8R-28T-1100A-2,5Pa Cu/Al					

Geproduceerde vermogens brandstofcellen in
periode van 07.00 tot 18.00 uur tijdens werkdagen

buitentemperatuur. [°C]	temp na changeover inblaas temperatuur [°C]	benodigd CV vermogen [kW]	aant. uren/jaar tijdens werkdagen**	geleverd elektr. verm. [kW]***	geleverd elektr. [kWh]
-18	10.5	22	40	0.04	26.7
-17	10.5	22	40	0.04	26.7
-16	10.5	22	40	0.14	26.7
-15	10.5	22	40	0.18	26.7
-14	10.5	22	40	0.46	26.7
-13	10.5	22	40	0.61	26.7
-12	10.5	22	40	0.89	26.7
-11	10.5	22	40	2.25	26.7
-10	10.5	22	40	2.57	26.7
-9	10.5	22	40	4.96	26.7
-8	10.5	22	40	6.39	26.7
-7	10.5	22	40	9.82	26.7
-6	10.5	22	40	11.79	26.7
-5	10.5	22	40	17.21	26.7
-4	10.5	22	40	22.32	26.7
-3	10.5	22	40	30.04	26.7
-2	10.5	22	40	40.39	26.7
-1	10.5	22	40	58.29	26.7
0	10.5	22	40	79.61	26.7
1	10.5	22	40	88.79	26.7
2	10.5	22	40	99.68	26.7
3	10.5	22	40	118.96	26.7
4	10.5	22	40	133.82	26.7
5	10.5	22	40	148.64	26.7
6	10.5	22	40	159.75	26.7
7	7	22	52.8	151.57	35.2
8	8	22	49.1	142.21	32.7
9	9	22	45.5	132.89	30.3
10	10	22	41.8	122.07	27.9
11	11	22	38.2	124.61	25.5
12	12	22	34.6	131.25	23.1

* Koelvermogens zijn berekend middels: Air Humid Handling version 5.1

** Draaiuren zijn bepaald aan de hand van temperatuurgegevens KNMI

*** Elektr. vermogen is bepaald op basis van verhouding P therm. : P elektr. is 1.5 : 1

buitentemperatuur. [°C]	temp na changeover batterij [°C]	inblaas temperatuur [°C]	benodigd CV vermogen [kW]*	aant. uren/jaar tijdens werkdagen**	geleverd elektr. verm. [kW]***	geleverd elektr. [kWh]
13	13	22	31	143.64	20.7	2968.6
14	14	22	27.5	154.00	18.3	2823.3
15	15	22	23.9	157.68	15.9	2512.3
16	16	22	20.5	156.32	13.7	2136.4
17	17	22	17	141.21	11.3	1600.4
18	18	22	13.6	124.64	9.1	1130.1
19	19	22	10.1	96.07	6.7	646.9

geleverd elektr. 65112.7

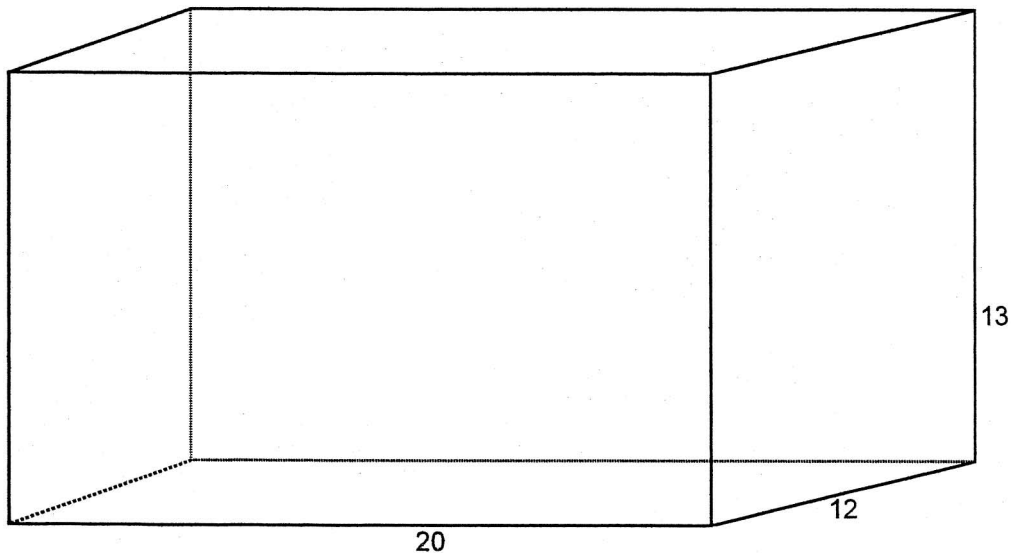
* Koelvermogens zijn berekend middels: Air Humid Handling version 5.1

** Draaiuren zijn bepaald aan de hand van temperatuurgegevens KNMI

*** Elektr. vermogen is bepaald op basis van verhouding P therm. : P elektr. is 1.5 : 1

Transmissieverlies kantoorgebouw

(Grove schilberekening)



vlak	lengte	breedte / hoogte	oppervlak
dak	20	12	240
voorgevel	20	13	260
achtergevel	20	13	260
linkerzijgevel	12	13	156
rechterzijgevel	12	13	156
grondvlak	20	12	240

Transmissie aan buitenlucht grenzende vlakken

$$\phi_{tr} = e \cdot U \cdot A \cdot \Delta T$$

ϕ_{tr} transmissieverlies
 e correctiefactor
 U warmte doorg. coeff.
 A oppervlak
 AT binnen t.o.v buiten

$$e = 1 / (1 - 0.04 \cdot U) \quad 1.01$$

$$U = 1 / (R_i + R_c + R_e) \quad 0.27 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$$

Ri 0.04 m².K/W Warmte overgangsweerstand binnenzijde
 Rc 3.5 m² . W Warmteweerstand constructie
 Re 0.13 m².K/W Warmte overgangsweerstand buitenzijde

Transmissieverlies

tijdens werkdagen van 18.00 tot 07.00

buitentemperatuur. [°C]	binnentemperatuur. [°C]	transmissie verlies	aantal uren per jaar tijdens werkdagen	benodigd vermogen per jaar
-18	17	10.2	0.0	0.0
-17	17	9.9	0.2	3.0
-16	17	9.6	0.4	5.8
-15	17	9.4	0.7	9.4
-14	17	9.1	1.2	15.0
-13	17	8.8	1.2	14.9
-12	17	8.5	2.2	25.9
-11	17	8.2	3.9	45.0
-10	17	7.9	6.7	73.8
-9	17	7.6	8.9	94.2
-8	17	7.3	11.9	122.0
-7	17	7.0	14.1	138.6
-6	17	6.7	17.0	159.7
-5	17	6.4	22.9	206.1
-4	17	6.1	34.6	297.7
-3	17	5.8	46.6	381.5
-2	17	5.6	71.3	554.6
-1	17	5.3	96.2	708.5
0	17	5.0	114.9	799.4
1	17	4.7	126.2	826.3
2	17	4.4	137.2	842.4
3	17	4.1	164.0	939.5
4	17	3.8	171.6	913.0
5	17	3.5	182.5	896.1
6	17	3.2	179.5	807.9
7	17	2.9	166.6	682.0
8	17	2.6	166.3	612.5
9	17	2.3	163.3	534.7
10	17	2.0	175.5	502.8
11	17	1.8	177.0	434.7
12	17	1.5	168.0	343.7
13	17	1.2	166.9	273.2
14	17	0.9	153.1	188.0
15	17	0.6	121.6	99.5

totaal benodigd vermogen per jaar 12551.5

Gasverbruik brandstofcel, gedurende gehele jaar

	P therm	gasverbruik per uur	draaiuren	totaal gasverbruik
Gasverbruik periode 1	40.0	7.9	1036.8	8202.866
Gasverbruik periode 2	52.8	10.4	151.6	1582.988
" "	49.1	9.7	142.2	1381.182
" "	45.5	9.0	132.9	1196.022
" "	41.8	8.3	122.1	1009.291
" "	38.2	7.6	124.6	941.5266
" "	34.6	6.8	131.3	898.2593
" "	31.0	6.1	143.6	880.7893
" "	27.5	5.4	154.0	837.683
" "	23.9	4.7	157.7	745.4128
" "	20.5	4.1	156.3	633.8678
" "	17.0	3.4	141.2	474.8472
" "	13.6	2.7	124.6	335.2993
" "	10.1	2.0	96.1	191.9296
Gasverbruik periode 3	10.4	2.1	2874.0	5912.163

totaal gasverbruik per jaar 25224.13

- periode 1 Het aardgasverbruik in de periode tussen **07.00** en **18.00** tijdens werkdagen waarbij de buitentemperatuur lager is dan 6°C
- periode 2 Het aardgas verbruik in de periode tussen **07.00** en **18.00** tijdens werkdagen waarbij de buitentemperatuur hoger is dan 6°C en lager dan **20°C**
- periode 3 Het aardgas verbruik in de **periode** tussen **18.00** en **07.00** tijdens werkdagen waarbij de de brandstofcellen het minimum benodigde thermisch vermogen leveren

Specificatie kruisstroomwisselaar



HEATEX AB Sweden, Fax : +46 410 36 35 29

28-7-2004

Version: 3.0.0

Customer:

Object:

DESCRIPTION

Heat Exchanger:	H1500/7.5/E		
Platee:	Aluminium with turbulence surface.		
Frames:	Angle end plate 20 mm. 90° Profile		
Sealing:	Silicone free (max 90°C)		
Consists of:	2 Modules	Nominal plate distance:	7.5 mm
Number of steps:	1	Total Width:	1380 mm
Total Exchanger Weight:	387,8 kg		

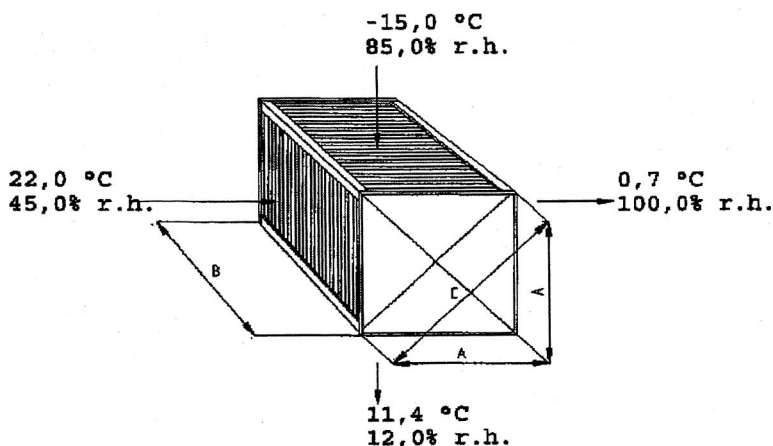
RESULT

(Winter)

Exhaust Air

Supply Air

Air flow:	2,99 m ³ /s	2,99 m ³ /s
Pressure drop:	72 Pa	85 Pa
Efficiency:	58%	72%
Condensate:	44,6 l/h, t _{cond} 9,5 °C	t _{frost} c -7,0 °C
Transferred Power:	107 kW	



A = 1500 mm
B = 1380 mm
C = 2122 mm

The calculations are made in accordance with the European norm EN 308 and its sub documents.



HEATEX AB Sweden, Fax : +46 410 36 35 29

28-7-2004

Version: 3.0.0

Customer:

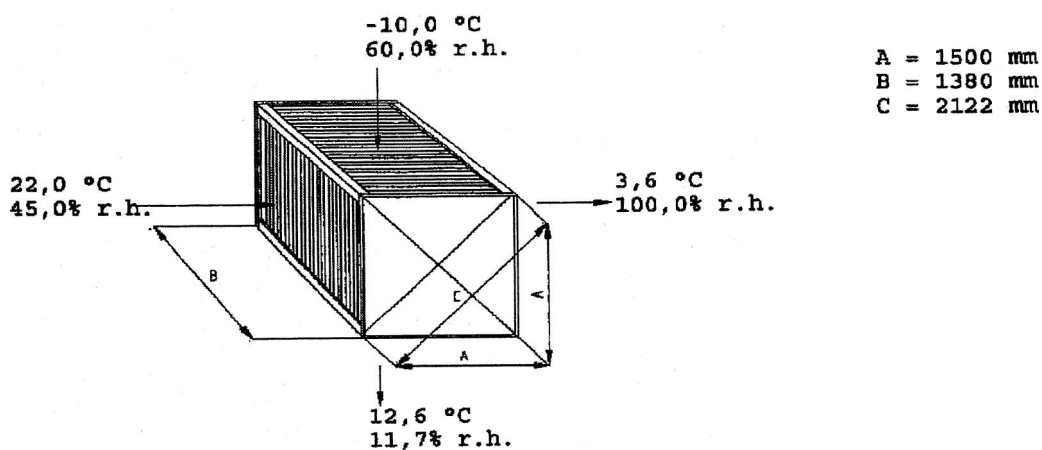
Object:

DESCRIPTION

Heat Exchanger:	H1500/7.5/E		
Platea:	Aluminium with turbulence surface.		
Frames:	Angle end plate 20 mm. 90° Profile		
Sealing:	Silicone free (max 90°C)		
Consists of:	2 Modules	Nominal plare distance:	7.5 mm
Number of steps:	1	Total Width:	1380 mm
Total Exchanger weight:	387,8 kg		

RESULT

(Winter)	Exhaust Air	Supply Air
Air flow:	2,99 m ³ /s	2,99 m ³ /s
Pressure drop:	72 Pa	84 Pa
Efficiency:	58%	71%
Condensate:	34,3 l/h, t _{cond} 9,5 °C	t _{frost} c -7,0 °C
Transferred Power:	90 kW	



The calculations are made in accordance with the European norm EN 308 and its sub documents.



HEATEX AB Sweden, Fax : +46 410 36 35 29

28-7-2004

Version: 3.0.0

Customer:
Object:

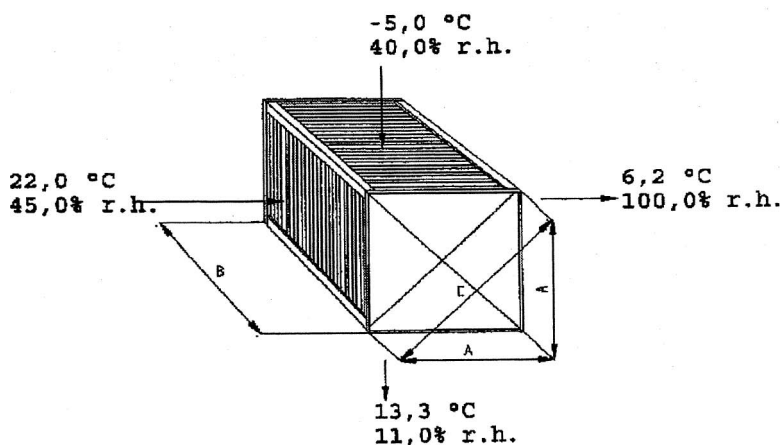
DESCRIPTION

Heat Exchanger:	H1500/7.5/E		
Plates:	Aluminium with turbulence surface.		
Frames:	Angle end plate 20 mm. 90° Profile		
Sealing:	Silicone free (max 90°C)		
Consists of:	2 Modules	Nominal plate distance:	7.5 mm
Number of steps:	1	Total Width:	1380 mm
Total Exchanger Weight:	387,8 kg		

RESULT

(winter)

	Exhaust Air	Supply Air
Air flow:	2,99 m ³ /s	2,99 m ³ /s
Pressure drop:	73 Pa	82 Pa
Efficiency:	59%	68%
Condensate:	21,5 l/h, t _{cond} 9,5 °C	
Transferred Power:	72 kW	



A = 1500 mm
B = 1380 mm
C = 2122 mm

The calculations are made in accordance with the European norm EN 306 and its sub documents.



HEATEX AB Sweden, Fax : +46 410 36 35 29

30-7-2004

Version: 3.0.0

Customer:
Object:

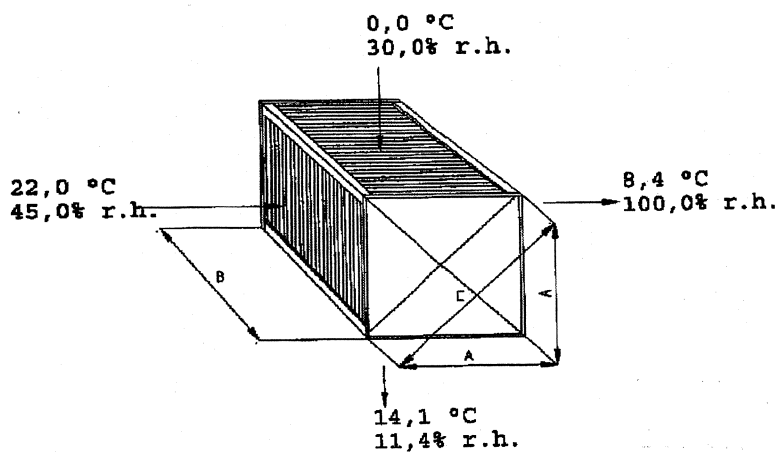
DESCRIPTION

Heat Exchanger:	H1500/7.5/E		
Plates:	Aluminium with turbulence surface.		
Frames:	Angle end plate 20 mm. 90° Profile		
Sealing:	Silicone free (max 90°C)		
Consists of:	2 Modules	Nominal plate distance:	7.5 mm
Number of steps:	1	Total Width:	1380 mm
Total Exchanger Weight:	387,8 kg		

RESULT

(Winter)

	Exhaust Air	Supply Air
Air flow:	2,99 m ³ /s	2,99 m ³ /s
Pressure drop:	73 Pa	80 Pa
Efficiency:	62%	64%
Condensate:	7,5 l/h, t _{cond} 9,5 °C	
Transferred Power:	54 kW	



A = 1500 mm
B = 1380 mm
C = 2122 mm

The calculations are made in accordance with the European norm EN 308 and its sub documents.



HEATEX AB Sweden, Fax : +46 410 36 35 29

30-7-2004

Version: 3.0.0

Customer:
Object:

DESCRIPTION

Heat Exchanger:	H1500/7.5/E		
Platee:	Aluminium with turbulence surface.		
Frames:	Angle end plate 20 mm. 90° Profile		
Sealing:	Silicone free (max 90°C)		
Consists of:	2 Modules	Nominal plate distance:	7.5 mm
Number of steps:	1	Total Width:	1380 mm
Total Exchanger Weight:	387,8 kg		

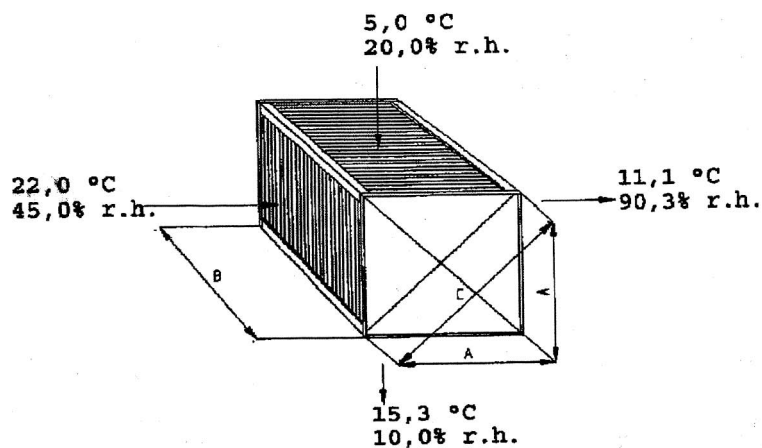
RESULT

(Winter)

Exhaust Air

Supply Air

Air flow:	2,99 m ³ /s	2,99 m ³ /s
Pressure drop:	73 Pa	79 Pa
Efficiency:	64%	61%
Condensate:	0,0 l/h, tcond 9,5 °C	
Transferred Power:	39 kW	



A = 1500 mm
B = 1380 mm
C = 2122 mm

The calculations are made in accordance with the European norm EN 308 and its sub documents.



HEATEX AB Sweden, Fax : +46 410 36 35 29

28-7-2004

Version: 3.0.0

Customer:
Object:

DESCRIPTION

Heat Exchanger:	H1500/7.5/E		
Plates:	Aluminium with turbulence surface.		
Frames:	Angle end plate 20 mm. 90° Profile		
Sealing:	Silicone free (max 90°C)		
Consists of:	2 Modules	Nominal plate distance:	7.5 mm
Number of steps:	1	Total Width:	1380 mm
Total Exchanger Weight:	387,8 kg		

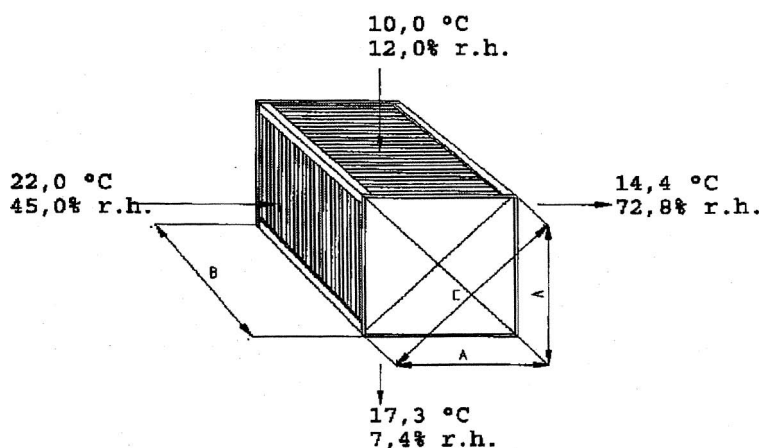
RESULT

(Winter)

Exhaust Air

Supply Air

Air flow:	2,99 m ³ /s	2,99 m ³ /s
Pressure drop:	74 Pa	78 Pa
Efficiency:	64%	62%
Condensate:	0,0 l/h, tcond 9,5 °C	
Transferred Power:	27 kW	



A = 1500 mm
B = 1380 mm
C = 2122 mm

The calculations are made in accordance with the European norm EN 308 and its sub documents.



HEATEX AB Sweden, Fax : +46 410 36 35 29

28-7-2004

Version: 3.0.0

Customer:

Object:

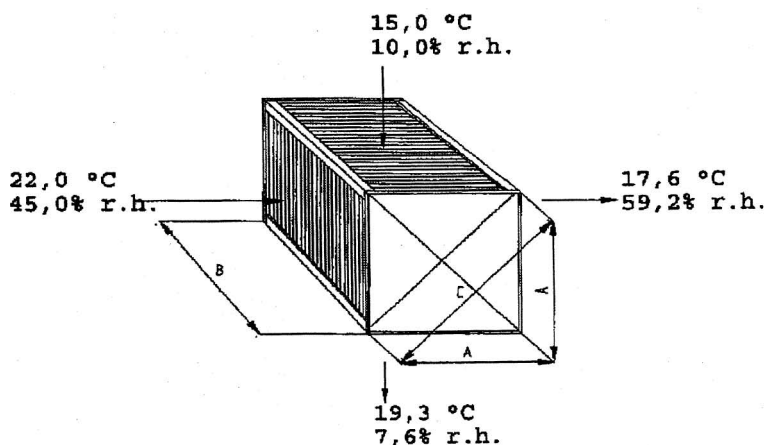
DESCRIPTION

Heat Exchanger:	H1500/7.5/E		
Plates:	Aluminium with turbulence eurface.		
Frames:	Angle end plate 20 mm. 90° Profile		
Sealing:	Silicone free (max 90°C)		
Consists of:	2 Modules	Nominal plate distance:	7.5 mm
Number of steps:	1	Total Width:	1380 mm
Total Exchanger Weight:	387,8 kg		

RESULT

(Winter)

	Exhaust Air	Supply Air
Air flow:	2,99 m ³ /s	2,99 m ³ /s
Pressure drop:	74 Pa	76 Pa
Efficiency:	64%	62%
Condensate:	0,0 l/h, t _{cond} 9,5 °C	
Transferred Power:	16 kW	



A = 1500 mm
B = 1380 mm
C = 2122 mm

The calculations are made in accordance with the European norm EN 308 and its sub documents.

Gasverbruik CV ketel t.g.v. ventilatie, conventioneel systeem in de periode vanaf 07.00 tot 18.00 tijdens werkdagen

Uitgangspunten:

Luchttemperatuur na **verwarmer batterij** 22°C

Gasverbruik 7.33 kW/m³/h (Gegevens **Remeha**)

T buiten	T naWTW*	P CV**	draaiuren**	m3
-18	8.96	41.96	0.04	0.0
-17	9.20	44.74	0.04	0.0
-16	11.16	37.62	0.14	0.0
-15	11.40	36.70	0.18	0.0
-14	11.64	35.90	0.46	0.1
-13	11.88	35.03	0.61	0.1
-12	12.12	34.17	0.89	0.2
-11	12.36	33.32	2.25	0.5
-10	12.60	32.46	2.57	0.6
-9	12.75	31.93	4.96	1.1
-8	12.88	31.47	6.39	1.5
-7	13.02	30.97	9.82	2.3
-6	13.16	30.47	11.79	2.8
-5	13.30	29.97	17.21	4.2
-4	13.46	29.40	22.32	5.6
-3	13.62	28.83	30.04	7.6
-2	13.78	28.27	40.39	10.5
-1	13.94	27.71	58.29	15.4
0	14.10	27.14	79.61	21.5
1	14.34	26.29	88.79	24.8
2	14.58	25.45	99.68	28.7
3	14.82	24.60	118.96	35.4
4	15.02	23.90	133.82	41.0
5	15.30	22.93	148.64	47.5
6	15.70	21.53	159.75	54.4
7	16.10	20.13	151.57	55.2
8	16.50	18.74	142.21	55.6
9	16.90	17.35	132.89	56.1
10	17.30	15.97	122.07	56.0
11	17.70	14.59	124.61	62.6
12	18.10	13.20	131.25	72.9
13	18.50	11.58	143.64	90.9
14	18.90	10.47	154.00	107.8
15	19.30	9.11	157.68	126.9
16	19.70	7.75	156.32	147.8
17	20.00	6.73	141.21	153.8
18	20.10	6.30	124.64	145.0

totaal gasgebruik 1436.8

* Gegevens **Verhulst** Luchtbehandeling (toepassing kruisstroomwisselaar **Heatex** AB Sweden)

** Vervarmingsvermogens zijn berekend middels: Air Humid Handling **version 5.1**

*** Draaiuren zijn bepaald aan de hand van temperatuurgegevens KNMI

Bijlage 14-b

**Gasverbruik CV ketel t.g.v. transmissieverliezen
gedurende gehele jaar van 18.00 tot 07.00**

Uitgangspunten:

Luchttemperatuur na **verwarmer** batterij 22°C

Gasverbruik 7.33 kW/m³/h (Gegevens **Remeha**)

P CV*	draaiuren**	m ³
10.2	0.0	0.0
9.9	0.3	0.2
9.6	0.6	0.5
9.4	1.0	0.8
9.1	1.7	1.3
8.8	1.7	1.4
8.5	3.1	2.6
8.2	5.5	4.9
7.9	9.4	8.7
7.6	12.4	12.0
7.3	16.7	16.7
7.0	19.8	20.6
6.7	23.8	25.9
6.4	32.1	36.5
6.1	48.5	57.9
5.8	65.3	81.8
5.6	99.9	131.8
5.3	134.7	187.6
5.0	160.9	237.2
4.7	176.7	276.8
4.4	192.1	321.1
4.1	229.6	411.1
3.8	240.3	463.4
3.5	255.5	533.8
3.2	251.3	572.7
2.9	233.3	585.0
2.6	232.8	648.6
2.3	228.7	716.6
2.0	245.7	880.1
1.8	247.9	1035.8
1.5	235.2	1179.2
1.2	233.6	1464.3
0.9	214.4	1792.0
0.6	170.3	2134.4

totaal gasgebruik 13843

* Gegevens volgens schil transmissieverlies berekening

** Draaiuren n.a.v. klimaatgegevens KNMI

Bijlage 15

Bepaling elektrisch gebruik koelmachine
07.00 tot 18.00 tijdens werkdagen

Uitgangspunten:

Luchttemperatuur na koeler 18°C

RV buitenlucht 65%

C.O.P. = 3

T buiten	P koel*	P elektr	draaiuren**	kWh
21	16.10	5.37	45.86	344.54
22	22.05	7.35	36.07	371.18
23	28.29	9.43	26.93	355.51
24	34.79	11.60	19.68	319.49
25	41.58	13.86	13.82	268.19
26	48.65	16.22	9.46	214.87
27	56.10	18.70	6.86	179.52
28	63.65	21.22	4.86	144.27
29	71.60	23.87	3.64	121.72
30	79.80	26.60	2.82	105.07
31	88.40	29.47	1.43	58.93
32	106.47	35.49	0.11	5.32
				2488.62

- * Koelvermogens zijn berekend middels: Air Humid Handling version 5.1
 ** Draaiuren zijn bepaald aan de hand van temperatuurgegevens KNMI

Kosten Concept Brandstofcel

Investeringskosten			afschrijving
Kosten LBK	€	18,950.00	15 jaar
Kosten Bronnensysteem incl TSA	€	80,000.00	20 jaar
Kosten Leidingw. en append. gebouws.	€	1,530.00	15 jaar
Brandstofcellen	€	19,950.00	15 jaar
totaal	€	120,430.00	

afschrijving per jaar € 6,695.33

Onderhoud installatie excl. bronnen	€	1,400.00
Onderhoud bronnensysteem	€	2,400.00
Onderhoud per jaar	€	3,800.00

Afschrijving en onderhoud € 10,495.33

Energie kosten

energie kosten (elektrisch)	kW	draai-uren	prijs/kWh	bedrag
energie pomp bronnen	2.2	6,257	€ 0.13	€ 1,844.03
energie pomp hoofd circuit	1.5	6,257	€ 0.13	€ 1,257.29
energie LBK	1.5	2,867	€ 0.13	€ 576.10
energie regeltechniek	1	6,257	€ 0.13	€ 838.19

€ 4,515.61-

energie kosten (aardgas)	verbruik m3	prijs/m3	bedrag
energie brandstofcel	25224	€ 0.35	€ 8,702.28-

€ 8,702.28-

baten energie (elektriciteit)	geleverde kWh's	prijs/kWh	bedrag
energie eigen gebr (piek 07.00-18.00)	65089	€ 0.13	€ 8,719.41
energie eigen gebr (piek 18.00-23.00)	6500	€ 0.13	€ 845.00
energie eigen gebr (piek 18.00-23.00)	10400	€ 0.07	€ 728.00
energie terug lev. net (piek 18.00-23.00)	3572	€ 0.05	€ 182.15
energie terug lev. net (dal 23.00-07.00)	3061	€ 0.02	€ 70.41

€ 10,544.98

totaal kosten/baten energie € 2,672.91-

afschrijving en onderhoud per jaar	€	10,495.33
totaal kosten/baten energie	€	2,672.91
totale kosten per jaar	€	13,168.25

Kosten Conventioneel systeem

Investeringskosten			afschrijving
Kosten LBK	€	17,350.00	15 jaar
Koelmachine	€	22,500.00	10 jaar
CV Ketel	€	2,750.00	15 jaar
Kosten Leidingw. en append. gebouwz.	€	1,400.00	15 jaar
totaal	€	44,000.00	

afschrijving per jaar € 2,933.33

Onderhoud koelmachine	€	550.00
Onderhoud install. excl. koelmachine	€	760.00
Onderhoud per jaar	€	1,310.00

Afschrijving en onderhoud € 4,243.33

Energie kosten

energie kosten (elektrisch)	kW	draai-uren	prijs E/kWh	bedrag
energie LBK	1.5	2,867	€ 0.13	€ 576.10
energie regeltechniek	1	2,867	€ 0.13	€ 384.07

€ 960.17-

energie kosten (elektriciteit)	geleverde kWh's	prijs/kWh	bedrag
energie koelmachine	2489	E 8.13	€ 333.38

€ 333.38-

energie kosten (aardgas)	verbruik m3	prijs/m3	bedrag
energie CV ketel ventilatie	1437	€ 0.35	€ 495.69
energie CV ketel transmissie	13843	€ 0.35	€ 4,775.99

€ 5,271.68-

totaal kosten energie € **6,565.23-**

afschrijving en onderhoud per jaar	€	4,243.33
totaal kosten energie	€	6,565.23
totale kosten per jaar	€	10,808.56