

FVO Nr.

3059

Fabrieksvoorontwerp
Vakgroep Chemische Procestechologie

Onderwerp

Electriciteitswinning uit Fosfor-ovengas met
behulp van een Gesmolten Carbonaat
Brandstofcel ~~met Internal Reforming~~

Auteurs

Telefoon

M.A. de Jong

015-626999

Datum opdracht : ~~oktober~~ 1993

Datum verslag : 2 dec 1994

Samenvatting

Er is gekeken naar de mogelijkheid van het winnen van electriciteit uit fosfor-ovengas met behulp van een gesmolten carbonaat brandstofcel met 'internal reforming'. Hierbij is de situatie gesimuleerd in het ~~computerprogramma ASPEN~~. Er is uit de simulatie gebleken dat een geïntegreerd systeem met een gesmolten carbonaat brandstofcel van 4 MW in staat is om per jaar $4.76 \cdot 10^7$ kWh te leveren. De prijs hiervan ligt echter 4-5 maal hoger dan de huidige electriciteitsprijs. *dit is ?*

Voorwoord

Voor u ligt de definitieve versie van een FVO. Een FVO dat zich vooral kenmerkte door het wachten. Wachten op rekentijd voor ASPEN na 10 uur 's ochtends, wachten op een computer op maandag of dinsdag tijdens practica of de rest van de week tijdens een of ander cursus, wachten tot het opengaan van de Pasti-zaal, eens tot 12 uur, en het wachten op dingen die nooit kwamen.

In de tijd dat er gewacht en dit FVO gemaakt werd, is de belangstelling voor de gesmolten carbonaat brandstofcel snel toegenomen. Afgelopen september begon de KNCV in haar Chemisch Magazine met een serie over brandstofcellen. Nog zeer recent kreeg een toepassing van de gesmolten carbonaat brandstofcel een eervolle vermelding tijdens de DSM-Milieu-prijs 1994. En ik hoop dat er ook voor dit FVO belangstelling zal zijn.

Migue de Jong

Inhoudsopgave.

Samenvatting

Voorwoord

I.	Inleiding	pag. 2
II.	Uitgangspunten van het ontwerp	pag. 4
III.	Beschrijving van het proces	
	III.1 Globale procesbeschrijving	pag. 8
	III.2 Procesbeschrijving	pag. 10
IV.	Apparaatkeuze	pag. 12
V.	Apparaatkondities	pag. 14
VI.	Resultaten	pag. 18
VII.	Economie van het proces	pag. 20
VIII.	Conclusies en aanbevelingen	pag. 32

Literatuurlijst

Symbolenlijst

Bijlagen

- A. Bijlagen bij kostenberekeningen
- B. Berekening apparaten
- C. Waste Heat Boiler
- D. Aspen report files
- E. Massa en energie balans
- F. Specificatiebladen
- G. Stofeigenschappen uit chemiekaarten

I. Inleiding

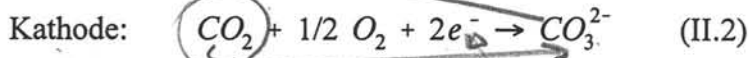
Bij de productie van fosfor door de firma Hoechst in Vlissingen komt het zogenaamde fosforovengas (FOG) vrij. Van dit fosforovengas, wat voor 90% uit koolstofmonoïoxide (CO) bestaat, wordt momenteel 30%, 60 Nm³/jaar, afgefakkeld. Dit houdt in dat per jaar, 8000 uur, 20 MW aan CO-verbrandingsenergie (stookwaarde CO 10 MJ/Nm³) verloren gaat. In dit ontwerp zal er gekeken worden naar het winnen van elektrische energie uit deze FOG, met behulp van een gesmolten carbonaat brandstofcel (MCFC) met 'internal reforming'. Bij een brandstofcelrendement van 55% (1) betekent dit, dat er 11 MW aan elektrische energie gewonnen kan worden. Bij dit ontwerp zijn de stromen echter aangepast voor een MCFC van 4 MW omdat deze binnenkort commercieel beschikbaar komt (2).

De brandstofcel is een energie-omzetter waarin de chemische energie van de brandstof, door electrochemische reacties, grotendeels beschikbaar komt als electriciteit. De eigenlijke brandstof voor de brandstofcel is waterstof, dat door zuurstof geoxideerd wordt tot water. Volgens Van der Klein (3) kan van brandstofcelssystemen een rendement verwacht worden dat hoger ligt dan de huidige conversiesystemen voor electriciteitsproductie. Dit hogere rendement is haalbaar voor alle capaciteitsgrootten van brandstofcelssystemen door de modulaire opbouw van een brandstofcel, die bestaat uit een stapeling van brandstofelementen. De brandstofcel is een milieuvriendelijke omzetter omdat deze geen zwavelcomponenten in de brandstof tolereert, geen stikstofoxiden produceert en vanwege het hoge rendement een belangrijke bijdrage levert aan de bestrijding van koolstofdioxide(CO₂)-emissies.

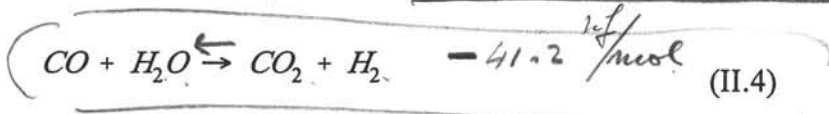
Het ontwerp wordt gedaan in opdracht van en in samenwerking met Interfaculty Delft University Clean Technology (Interduct) Delft, een instituut dat zich onder andere bezig houdt met onderzoek naar technologieën die voorzien in een verbetering van het grondstofverbruik in de industrie.

II. Uitgangspunten van het ontwerp

Zoals uit de inleiding blijkt is het doel van dit voorontwerp het winnen van electriciteit uit FOG met behulp van een MCFC. In de MCFC wordt waterstof geoxideerd. Dit proces vindt plaats met twee electrochemische halfreacties in gescheiden anode- en kathoderuimtes. Voor de MCFC luiden de halfreacties:



Van de hierbij vrijkomende energie (241.8 kJ/mol), zal minimaal 55% (1) vrijkomen als electriciteit. De resterende 45% zal als warmte vrijkomen. Omdat er uit wordt gegaan van internal reforming, treedt er aan de anode kant ook de volgende reactie op:



De hierbij vrijkomende energie (41.2 kJ/mol) zal ook als warmte vrijkomen. Door de warmte-ontwikkeling in de cel ligt de uitgaande temperatuur van de gasstromen 100 °C hoger dan de ingaande temperatuur. Daar de bedrijfstemperatuur van de brandstofcel rond de 650 °C ligt, bedragen de in- en uitgaande temperaturen respectievelijk 600 en 700 °C.

Het proces heeft drie grondstofstromen; het fosfor-ovengas, (buiten-)lucht en water. De samenstelling van het fosfor-ovengas voor de waterstofsulfide(H₂S)-zuivering is volgens Hoehchst:

Koolstofmonoöxide	90%
Stikstof	6%
Waterstofsulfide	1 g/Nm ³
Methaan	sporen
Fosfor	sporen
Waterstof	sporen
Water	overig

Voor het ontwerp en de simulatie, waar H₂S-zuivering niet bijhoord, is als samenstelling afgesproken (2):

(in mol-procenten)

Koolstofmonoöxide	90%
Stikstof(N ₂)	6%
Water(H ₂ O)	4%
Temperatuur	100 °C
Druk	1 bar

Electriciteit uit FOG met behulp van een MCFC.

De samenstelling van de (buiten-)lucht:

Stikstof 79%

Zuurstof 20%

Koolstofdioxide 1%

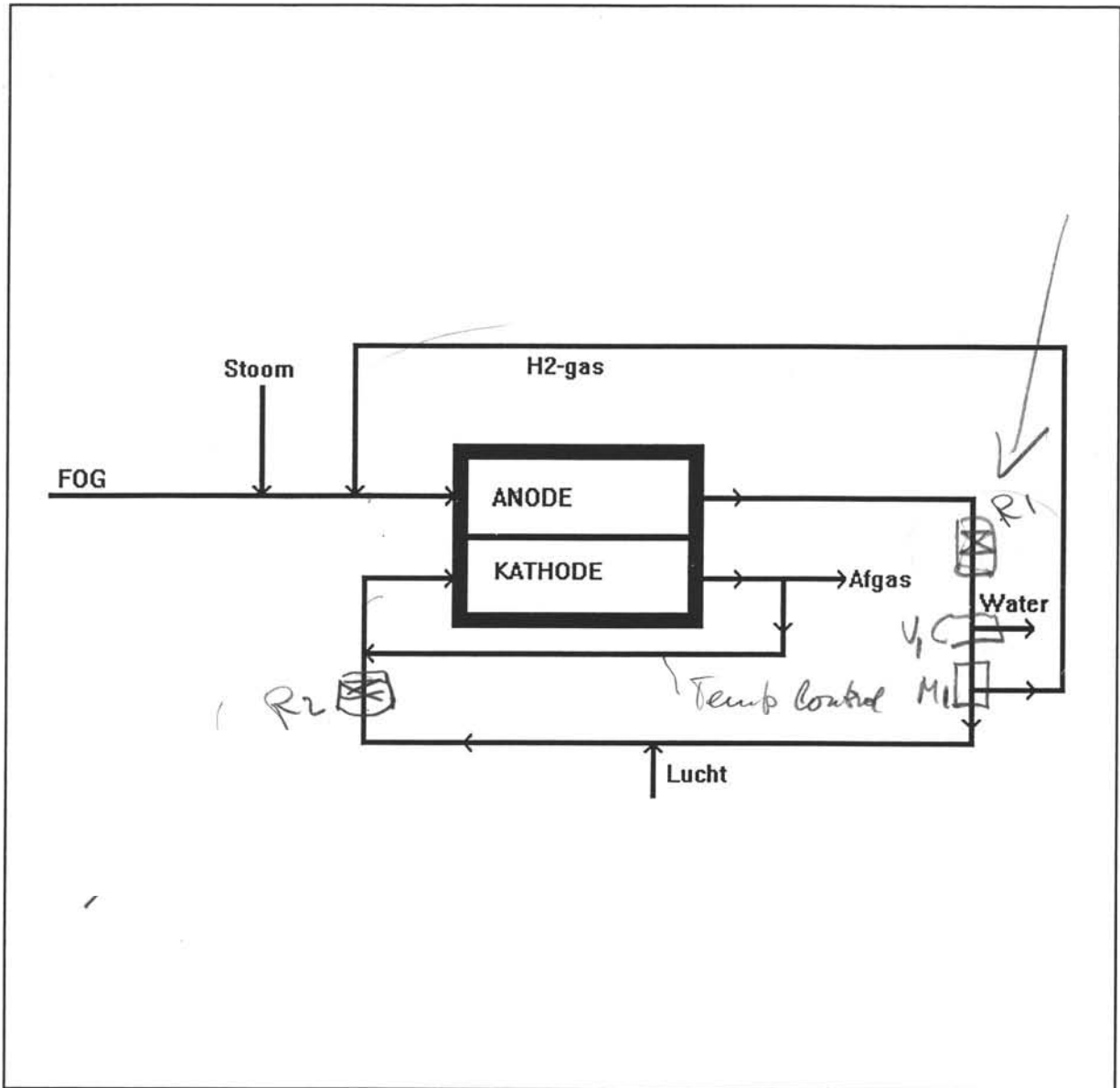
Temperatuur 10 °C

Druk 1 bar

De condities van het water:

Temperatuur 20 °C

Druk 4 bar



Figuur III.1 Globale weergave van het proces

III Beschrijving van het proces.

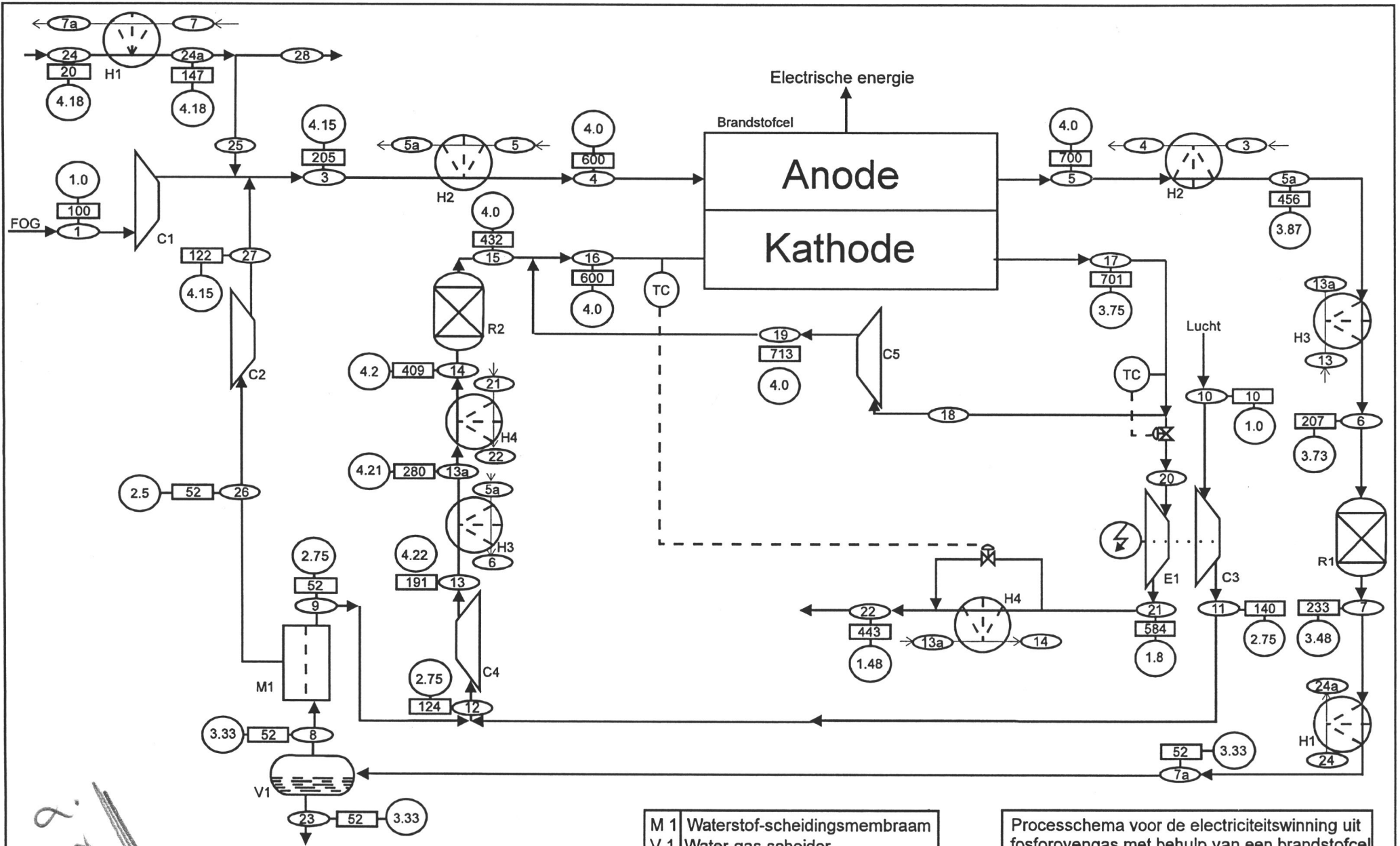
III.1 Globale procesbeschrijving.

concept
Met behulp van studies naar brandstofcellen (1, 4, 5, 6, 7) en in overleg met begeleider J. Schinkel is er gekozen voor het bijgevoegde flowschema. In figuur III.1 laat een zeer globale weergave van de belangrijkste processtromen zien:

X Aan de anode-kant van de MCFC wordt het FOG aan het teruggevoerde H₂ en de stoom voor de CO-shift, toegevoegd. Deze stroom gaat op een druk van 4 bar en temperatuur van 600 °C MCFC aan de anode kant binnen. Aan de kathode-kant, wordt lucht gemengd met het CO₂-rijke gas uit de anode-kant, dat ontstaat van water en H₂-gas. Dit mengsel wordt vervolgens op druk en temperatuur gebracht en ontstaat van restanten CO en CH₄ om vervolgens gemengd te worden met de kathode-recycle. Dit mengsel gaat aan de kathode kant de MCFC binnen met ook een temperatuur van 600 °C en een druk van 4 bar.

De reden dat er aan de kathode kant een recycle is, heeft te maken met het feit dat er in de MCFC behoorlijk wat warmte geproduceerd wordt en de uitgaande temperatuur van de uitgaande gassen maximaal 700 °C kan zijn. De recycle is dus een extra warmte-opnemer.

Het uitgaande gas heeft geen na-behandeling nodig, gezien de ingangseisen van de MCFC en het feit dat er in de MCFC geen stikstofoxiden worden geproduceerd(3).



M 1 Waterstof-scheidingsmembraam
 V 1 Water-gas scheiderv
 R 1 Shift-reactor
 R 2 Catalytic burner

Processchema voor de electriciteitswinning uit fosforovengas met behulp van een brandstofcel
 Fabrieksvoorontwerp no. 3059
 M.A. de Jong November 1994
 (●) Stroomnummer (□) Temperatuur in °C
 (○) Absolute druk in bar

fig. 2.

III.2 Procesbeschrijving.

Een gedetailleerde procesbeschrijving is te zien op het bijgevoegde processchema. Het fosforovengas wordt, ~~als het het proces binnenkomt,~~ in compressor C1 op een druk gebracht van 4.15 bar. Hierna wordt het gemengd met het teruggevoerde H_2 -gas, dat in compressor C2 ook op 4.15 bar is gebracht. Verder wordt het gemengd met het stoom dat is ontstaan uit water in warmtewisselaar H1. Dit mengsel wordt in warmtewisselaar H2 op een temperatuur gebracht van $600\text{ }^\circ\text{C}$, waarna het met een druk van 4 bar de brandstofcel aan de anode-kant ingaat.

Het gas uit de anode-kant van de brandstofcel wordt in warmtewisselaars H2 en H3 ontdaan van een deel van zijn warmte, om het evenwicht in de shiftreactor R1 meer naar de kant van de H_2 te leggen, waardoor het niet omgezette CO voor een deel nog kan worden omgezet. Vervolgens wordt het gas afgekoeld tot $52\text{ }^\circ\text{C}$ waardoor het aanwezige stoom condenseert. Het ontstane water wordt in de twee-fase scheidervat V1 verwijderd. Het gas wordt door een membraan-eenheid M1 geleid waar het H_2 -gas wordt verwijderd en teruggevoerd. Het overige gas wordt met de ingaande lucht gemengd.

De lucht wordt, als het het proces binnenkomt, aan de compressor-kant C3 van de turbo-generator, op een tussendruk van 2.75 bar gebracht. De lucht wordt vervolgens gemengd met het gas uit de anode-kant wat ontdaan is van water en H_2 -gas. Dit mengsel wordt in compressor C4 op een druk van 4.22 bar gebracht en vervolgens in warmtewisselaars H3 en H4 op een temperatuur van $682\text{ }^\circ\text{C}$ gebracht. Het gas gaat door de katalytische verbrander R2 waar restanten CO , CH_4 en H_2 worden verwijderd die in de MCFC het evenwicht nadelig zouden beïnvloeden. Het gezuiverde gas wordt gemengd met een deel van het gas uit de kathode-kant. Dit mengsel is nu op een druk van 4 bar en $600\text{ }^\circ\text{C}$ en kan de brandstofcel aan de kathode-kant in.

Het gas uit de kathode-kant wordt voor een deel teruggevoerd. Dit deel wordt in compressor C5 op een druk van 4 bar gebracht zodat het gemengd kan worden met de aangevoerde gezuiverde lucht en gas uit de anode. De reden dat er een recycle van kathode gas is, komt doordat er in de brandstofcel naast electriciteit ook warmte gevormd wordt. Deze warmte moet met de gasen uit de anode- en kathodekant worden meegevoerd. Aangezien de gasstromen die de brandstofcel ingaan $600\text{ }^\circ\text{C}$ zijn, en de uitgaande temperatuur maximaal $700\text{ }^\circ\text{C}$ kan zijn, moet er dus een deel van het gas teruggevoerd worden om de warmte op te nemen en af te voeren.

Het deel van het gas uit de kathode-kant dat afgesplitst wordt, wordt in het expander gedeelte E1 van de turbo-generator van zijn druk ontdaan. Een deel van zijn warmte raakt het kwijt in warmtewisselaar H4. De rest kan eventueel in een zgn. waste-heat boiler worden gebruikt om stoom te maken, zie bijlage C.

De temperatuurregeling die voor dit proces erg belangrijk omdat er in de brandstofcel warmte geproduceerd wordt, wordt geregeld met twee kleppen. Het proces is zo berekend dat door H4 alle afgassen stromen, zodat met de bypass-regelaar de temperatuur alleen omlaag gebracht kan worden. Met de splitser van het gas uit de kathode kan de temperatuur zowel omhoog als omlaag gebracht worden, zodat het geheel ervoor zorgt dat de ingaande temperatuur aan de kathode-kant $600\text{ }^\circ\text{C}$ kan blijven.

Tabel 1. Overzicht verschillende typen brandstofcellen

OVERZICHT TYPEN BRANDSTOFCELLEN

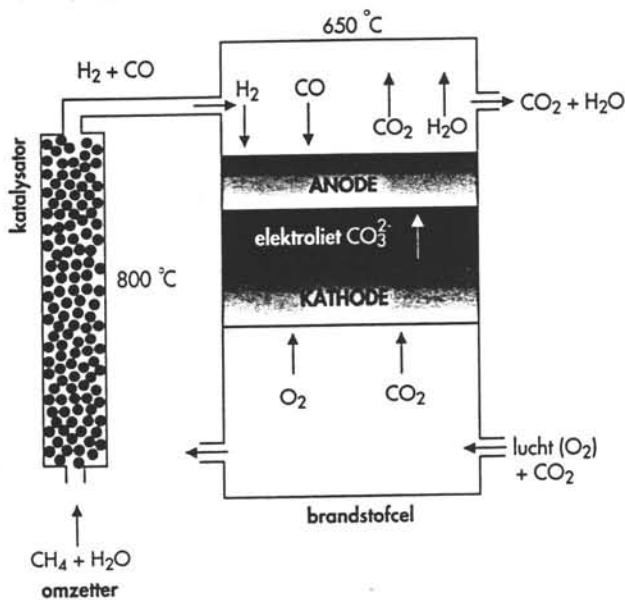
De keuze voor een bepaald elektrolyt bepaalt ook het werkzame temperatuurgebied. HT-brandstofcellen zijn uiteraard meer geschikt voor cogeneratie dan LT-brandstofcellen. In de hieronder volgende tabel zijn een aantal karakteristieken vastgelegd. De vermelde waarden zijn sterk in beweging: rendement (ϵ) en vermogensdichtheid gaan omhoog. Brandstofcellen zijn nog erg duur. Door massaproductie en het gebruik van goedkopere materialen en concepten moet de prijs per kWe verlaagd worden van f2.000 à 10.000 nu tot f 500 (HT, stationair) en f 100 (LT, mobiel).

type Fuel Cell (FC)	temperatuur (°C)	rendement (ϵ) systeem	vermogensdichtheid (mW/cm ²)	toepassing
AFC	70-90	0,5-0,7	75-400	transport, militair, ruimtevaart
PAFC	170-210	0,4-0,45	200-250	on-site
MCFC	600-700	0,5-0,6	100-200	base load, cogeneratie
SOFC	900-1000	0,5-0,6	240-400	base load, cogeneratie
SPFC	70-90	0,45-0,5	500-600	transport, on site
DMFC	70-90	0,3	?	transport

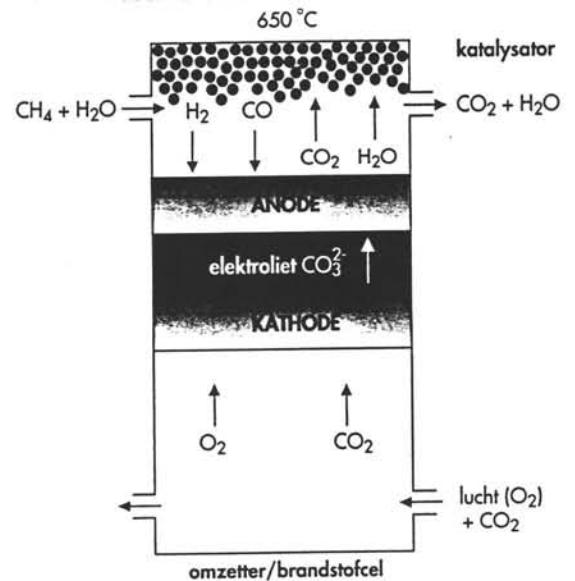
AFC: alkalische brandstofcel met met KOH (OH⁻);
 PAFC: zure brandstofcel met phosphoric acid (H⁺);
 MCFC: gesmolten carbonaat brandstofcel met molten carbonaat (CO₃²⁻)

SOFC: solid oxide brandstofcel met doped zirkoonoxide (O²⁻);
 SPFC: solid polymer brandstofcel met zure ionenwisselaar(H⁺);
 DMFC: directe methanol brandstofcel, zuur (H⁺).

Externe omzetting
 Opwekking van elektriciteit uit aardgas met een MCFC en externe omzetting.



Interne omzetting
 Opwekking van elektriciteit uit aardgas met een MCFC en interne omzetting.



Figuur IV.1 Verschil tussen external en internal reforming

IV. Apparaatkeuze.

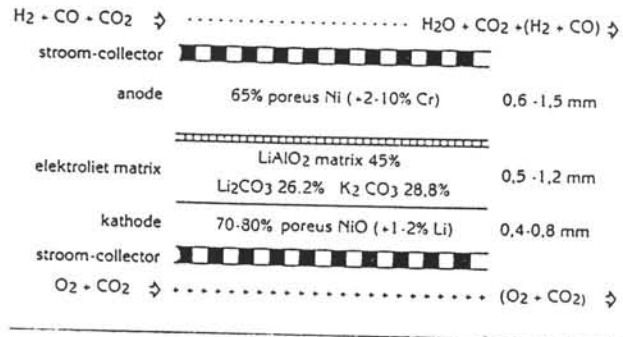
De Brandstofcel

In tabel 1 (8) staat een overzicht van de typen brandstofcellen. In dit voorontwerp ging het om electriciteitswinning uit fosforovengas met behulp van een gesmolten carbonaat brandstofcel met internal reforming. Hier is er dus geen keuze nodig. Het directe voordeel van de gesmolten carbonaat brandstofcel is zoals eerder vermeld de binnenkort commerciële beschikbaarheid. Het verschil tussen internal en external reforming is weergegeven in figuur IV.1 (9).

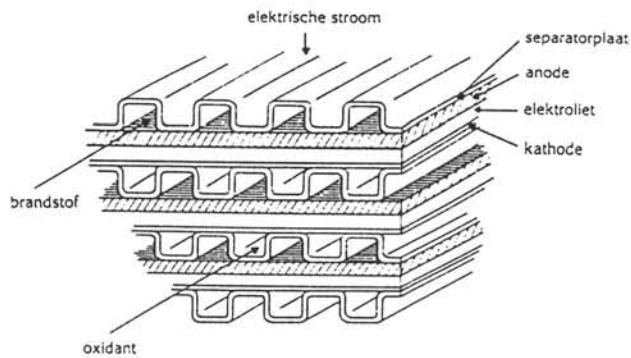
Het waterstof-scheidingsmembraan

Voor het winnen van waterstof uit de anode-gassen zijn vier mogelijkheden voor handen. Het conventioneel methyl-diethanol-amine(MDEA) proces (10) een membraan-eenheid (11), pressure swing adsorbition (PSA) (12) en een methode met gas-diffusie electrodes (13).

Het MDEA-proces kent als nadelen dat niet ^{de} het waterstof maar het koolstofdioxide wordt verwijderd, waardoor er in de waterstof-lus een spui ingebouwd moet worden. Ook is er een druk nodig van 15-20 bar voor de koolstofdioxide verwijdering uit het gas. Daarbij kost het strippen van de koolstofdioxide uit de MDEA weer energie. Ook bij de PSA is er een hogere druk (24 bar) nodig dan de aanwezige druk. De methode waarbij het waterstofgas met behulp van gas-diffusie electrodes wordt verwijderd werd slechts in een americaans patent uit 1986 gevonden, waardoor een huidige industriële toepassing en commerciële verkrijgbaarheid twijfelachtig zijn. Een membraan-eenheid heeft als voordelen dat het al wordt gebruikt in de industrie en de lage werkdruk en zeer kleine drukval (11,14).



Figuur V.1 Schematische weergave van de verschillende celcomponenten



Figuur V.2 Brandstofcelstapeling.

V. Apparaatkondities.

Alle apparaten en stromen in het proces zijn berekend met behulp van het computerprogramma ASPEN. De reportfiles van de simulatie zijn te vinden in bijlage D.

De Brandstofcel

In een MCFC worden waterstof en zuurstof electrochemisch omgezet in water. Ladingtransport in de cel vindt plaats via elektrolyet bestaande uit vloeibare alkalicarbonaten. Het hart van de brandstofcel bestaat uit een poreuze nikkel-chroom anode en een poreuze nikkeloxyde kathode, gescheiden door een poreuze matrix van lithiaalumiinaat. Matrix en electrodes zijn doordrenkt met het vloeibare electrolyet, zie figuur V.1.

Voor praktische toepassingen is de klemspanning van één cel te laag daarom worden ze in serie geschakeld. Dit geschiedt door middel van stapeling waarbij de individuele cellen gescheiden worden door metalen platen, de separator platen, zie figuur V.2 (15).

De reacties in de brandstofcel zijn vermeld in hoofdstuk II. Zoals eerder vermeld is van de gesmolten carbonaat brandstofcel de optimale werkdruk 4 bar en de werktemperatuur 650 °C. Dit houdt in dat de ingaande temperatuur 600 °C en uitgaande temperatuur 700 °C worden (1).

Voor de simulatie van de MCFC in ASPEN is het model gebruikt dat schematisch staat weergegeven in figuur 4. Hierin is F4 de anode-ingang en F5 de anode uitgang. F16 is de kathode ingang en F17 de kathode uitgang. In het blok FCEV worden de inkomende gassen op chemisch evenwicht gebracht. Vervolgens vindt in Shift 1 de interne reforming plaats, de koolstofmonoöxide wordt omgezet met water in waterstof en koolstofdioxide. In de CONV vindt de reactie plaats tussen het waterstof van de anode-kant en de zuurstof van de kathode-kant de waterstof-conversie is hierbij 75%. In Shift 2 wordt het gas weer op chemisch evenwicht gebracht en het anode gas verlaat de shift 2 met een druk van 3.75 bar en een temperatuur van 700 °C. In Sep 1 wordt het zuurstof met de koolstofdioxide afgescheiden uit de kathode-stroom. Tenslotte krijgt ook het uittredende kathode gas een temperatuur van 3.75 bar en temperatuur van 700 °C in HX1b.

Druck.
Voor het vermogen van de brandstofcel geldt (2):

$$P = V_{cel} * (\phi H_{2,ci} - \phi H_{2,co}) * 2 * 96487 \quad (V.1)$$

- waarin: P = elektrische cel-vermogen (W)
V_{cel} = cel-spanning (V)
 $\phi H_{2,ci}$ = moleflow waterstof converter in (kmol/s)
 $\phi H_{2,co}$ = moleflow waterstof converter uit (kmol/s)

Voor de gekozen brandstofcel van 4 MW komt geeft met de berekende waterstof molstromen een celspanning van 0.65 V. De standaard potentiaal bij 1 bar en 650 °C is 1.019 V. Het aangenomen vaste potentiaalverschil van Standhardt(16) bij 4 bar en 600-700 °C is 0.72 V. De berekende waarde ligt dus in de juiste orde van grootte.

Het waterstofscheidingsmembraan

In het scheidingsmembraan wordt 85% (11) van het waterstof verwijderd uit de gasstroom. Dit permeaat komt met een zuiverheid van 96% (11) uit de membraan-eenheid. Zoals eerder vermeld kent het membraan een lage drukval en is er aan de permeaat-kant een lichte onderdruk.

Compressoren en expander

De berekende afmetingen en kosten van de in het proces aanwezige compressoren en expander staan in bijlage B.

Warmtewisselaars

De berekende afmetingen en kosten van de in het proces aanwezige warmtewisselaren zijn te vinden in bijlage B.

2-fase scheider

De afmeting en kosten van de 2-fasescheider staat in bijlage B.

Catalytische burner

De catalytische burner heeft als verblijftijd $1/10$ s en als catalysator platinum met een FCC-catalyst system (22).

Shift reactor

De berekening van de afmeting en kosten van de shift-reactor staan in bijlage B. Als catalysator wordt koper oxide en zink oxide, plus aluminium oxide of chromoxide aangeraden (23).

BLOCK STATUS

```
*****  
*  
* ALL UNIT OPERATION BLOCKS WERE COMPLETED NORMALLY *  
*  
* ALL CONVERGENCE BLOCKS WERE COMPLETED NORMALLY *  
*  
*****
```

Figuur VI.1 Melding uit ASPEN report file.

VI. Resultaten.

De door ASPEN berekende energie- en massastromen zijn weergegeven in bijlag E.

De totale massabalans : IN: 15.3475 kg/s UIT: 15.3476 kg/s

De totale energiebalans: IN: -24.750 MW UIT: -24.744 MW

De kleine verschillen in de totale balansen komen voort door afrondingen in de resultatenfile van ASPEN. Dat zich tijdens de simulatie geen fouten hebben voorgedaan is te zien in de ASPEN boodschap in figuur VI.1. Wat voor dit proces belangrijk is, is de hoeveelheid energie die in de vorm van electriciteit naar buiten komt:

De brandstofcel levert 4 MW en de turbogenerator (E1 en C3) 0,2 MW.

De afgasstroom heeft nog warmte om voor 4.57 MW hoge druk stoom te genereren (bijlage C), die met een efficiency van 75% (21) voor 3.43 MW aan electriciteit kan leveren.

Compressoren C1, C2, C4 en C5 hebben respectievelijk 0.28, 0.02, 1.08 en 0.3 MW nodig, zodat het proces uiteindelijk 5.95 MW aan elektrische energie levert, hetgeen op jaarbasis overeenkomt met $4.76 \cdot 10^7$ kWh.

VII. Economie van het proces.

Investeringskosten

De totale investeringskosten I_T kunnen volgens Montfoort (17) verdeeld worden in vier groepen:

$$I_T = I_B + I_H + I_L + I_W \quad (\text{VII.1})$$

waarin:

I_B = investering in de proceseenheden, de on-site investering

I_H = investering in hulpapparatuur

I_L = investering in niet-tastbare zaken

I_W = werkkapitaal, terreinen, cash

Vaak worden I_B en I_H samengevoegd onder de investering vaste kosten (I_F).

Voor de investeringsopbouw van een Nederlandse chemische fabriek geldt:

$$I_B = 64\%$$

$$I_H = 16\%$$

$$I_L = 14\%$$

$$I_W = 6\%$$

De investeringskosten kunnen op verschillende manieren berekend worden. De methoden die gebruikt kunnen worden voor een fabrieksvoorontwerp kunnen ingedeeld worden in modulair of niet-modulair en exponent- of factormodel. Bij de modulaire methoden wordt onderscheid gemaakt tussen investeringskosten per proceseenheid in tegenstelling tot de niet-modulaire methoden. Bij een exponentieel model wordt een cruciale parameter van de fabriek (bijv. de productie) als bepalende grootte gebruikt. Bij een factor model worden de apparaatkosten met behulp van een factor omgerekend tot investeringskosten. De factormethoden vereisen meer informatie (apparaatkosten) dan de exponentieële methoden (ook wel stapmethoden genoemd, omdat de elementen processtappen zijn) waaraan een investering per jaarton wordt gekoppeld, die à priori vast ligt.

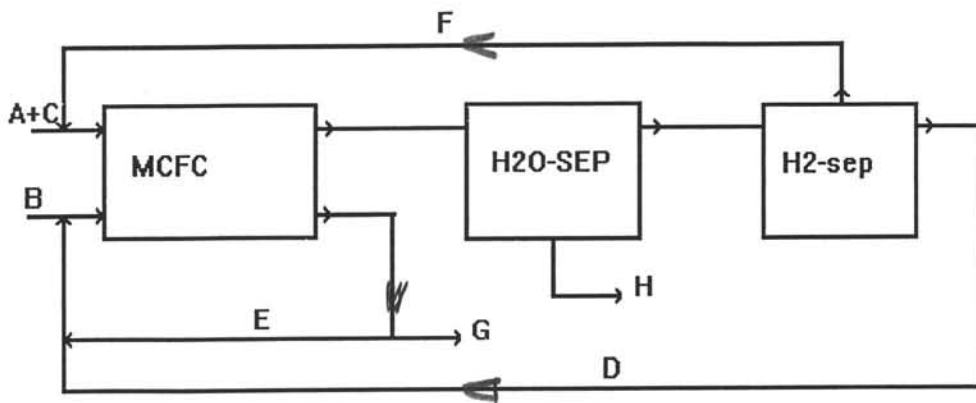
Zo zijn er de methodes van Zevnik-Buchanan, Taylor, Wilson en Lang (17,18).

Methode van Zevnik-Buchanan (Jansen-variant)(17, 18)

Omdat in het proces de verschillende eenheden onder verschillende condities werken is er gekozen voor de Jansen variant van de Zevnik-Buchanan methode.

Deze methode is een stapmethode waarmee de I_B berekend kan worden, waarna de totale kosten berekend worden met het gegeven dat I_B 64% van de totale investeringskosten uitmaakt.

$$I_B = 0,1 * (\sum C_{fi} P_i^m) * C_I \quad (\text{VII.2})$$



Figuur VII.1 Vereenvoudigd processchema voor Taylormethode

Electriciteit uit FOG met behulp van een MCFC.

waarin:

- I_B = de onsite investering (k\$)
- C_{fi} = de complexity factor per eenheid
- P_i = capaciteit per eenheid (kton/jaar)
- m = degressie-exponent = 0.6
- C_I = C.E. Plant cost index = 370.1 (9-1994)

voor C_{fi} geldt

$$C_{fi} = 2 * 10^{(F_t + F_p + F_m)} \quad (VII.3)$$

waarin $F_{t,p,m}$ = factoren van temperatuur, druk en materiaal die te vinden zijn op pag. III-15,16 (17)

Er is voor de berekeningen uitgegaan van 3 functionele eenheden, zie figuur VII.1. Voor dit proces is, zoals te zien is bijlage A de berekende waarde voor I_B Mfl. 40. Dit geeft voor de totale investeringskosten een waarde van Mfl. 62, daar I_B 64% van de totale investeringskosten is.

Taylor-methode (17,18)

De Taylor-methode is ook een stap-methode, hierbij wordt de I_B berekend met de volgende formule:

$$I_B = 45 f * P^{0.39} \frac{C_I}{300} \quad (VII.4)$$

waarin :

- I_B = on-site investering (kfl.)
- f = costliness index = $\sum (1.3)^{Si}$
- P = capaciteit in kT/jaar
- C_I = index uit PE (Process Engineering UK) 861 in 1992

De berekeningen om tot een waarde van f te komen staan in bijlage A. Ook hierbij is gebruik van het vereenvoudigde processchema uit figuur VII.1. Voor f wordt een waarde gevonden van 13.46. Aangezien het produkt van het proces elektrische energie is, is de uitgaande stroom van het proces (22 of G in fig VII.1 (403.2 kT/j)) genomen. Voor I_B wordt een waarde gevonden van M£ 18. Dit komt overeen met Mfl. 49.

De I_T wordt dus Mfl. 76.5.

Methode van Wilson (17,18)

Bij de methode van Wilson wordt niet uitgegaan van functionele eenheden maar van het

Electriciteit uit FOG met behulp van een MCFC.

aantal apparaten N, exclusief pompen. De I_B wordt hierbij berekend met:

$$I_B = f * N * AUC * F_p * F_T * F_m \quad (\text{VII.5})$$

waarin:

f = investeringsfactor (fig. III-28,17)

F_p = drukfactor (fig III-26,17) (=1)

F_T = temperatuurfactor (fig III-26,17) (=1.15)

F_m = materiaalfactor (fig III-27,17) (=1.5)

AUC = $21 * P^{0.675}$ (in £, 1971)

P = Doorzet (in ton/jaar) (=404000)

Het proces kent 15 apparaten, 5 compressoren, 1 expander, 4 warmtewisselaars, de MCFC, de waterscheider, het waterstofmembraan, de shift-reactor en de katalytische verbrander. De I_B in 1971 wordt hiermee M£ 3.3. In 1971 1£ = fl. 8.64 en omrekenen met indices naar 1990 (154/60) geeft een I_B van Mfl. 73 en een I_T van Mfl. 115. Indien Wilson met exclusief pompen ook exclusief compressoren bedoelde wordt de I_T Mfl. 69, welke waarde beter aansluit bij de eerdere stapmethodes.

Methode van Lang (17,18)

De methode van Lang is een factor-methode. Lang gaat ervan uit dat met behulp van de apparaatkosten de investering vaste kosten I_F ($=I_B+I_H$) en daarmee de totale investeringskosten benaderd kunnen worden:

$$I_F = \lambda * I_{equip} = (I_T * 0.8) \quad (\text{VII.6})$$

waarin:

λ = Lang factor

I_{equip} = Apparaatkosten

Voor gas/vloeistof processen is de Lang-factor 4.74. De apparaatkosten staan in bijlage A. Deze zijn Mfl. 11. Hiermee wordt de I_F Mfl. 52,14. De I_T wordt Mfl. 65.

Methode van Holland (17,18)

Een wat meer gedifferentieerde berekeningsmethode van de Lang-factor is door Holland aangegeven op basis van gegevens van Chilton.

$$\text{Lang-factor} = \phi_1 * \phi_2 * \phi_3 \quad (\text{VII.7})$$

waarin $\phi_{1,2,3}$ gevonden kunnen worden in tabel III-30 (17).

ϕ_1 is 1,47; ϕ_2 is 2.02 en ϕ_3 is 1.55. De Lang-factor van Holland wordt hiermee 4.6. Deze verschilt nauwelijks van de Lang-factor van Lang, waardoor de methode van Holland verder buiten beschouwing wordt gelaten.

Overzicht verschillende methodes

Zevnik-Buchanan (Jansen Variant) Mfl. 62

Taylor Mfl. 76.5

Wilson Mfl. 69

Lang Mfl. 65

Gem. Totale investeringskosten Mfl. 68 9%

Totale kosten

Een vereenvoudigd model voor de berekening van de totale kosten/jaar (K_t) zonder rente en afschrijving is (18):

$$K_t = 1.13 * K_p + 2.6 * K_I + K_i \quad (\text{VII.8}) \quad 0.13$$

waarin K_p = kosten grondstoffen hulpstoffen utilities en bijprodukten

K_I = semi-variabele kosten

K_i = investering gerelateerde kosten

Bij de volgende berekeningen is de waste heat boiler (bijlage C), meegenomen. In de waste heat boiler wordt een deel van de restwarmte gebruikt om hoge druk stoom te maken, in totaal wordt 4.57 MW overgedragen. Voor de investeringskosten van de waste heat boiler de prijs, kfl. 341 via de Lang factor methode omgerekend naar kfl. 2000.

K_p

-Materiaal T/jr

water 40.000 fl. 56550 *str 24*

-Katalysator

R1 en R2

$(13+1.5)*0.9= 13 \text{ m}^3$

Levensduur 5 jr fl. 39000

Totaal fl. 95550

-electriciteit

C1, C2, C4, C5

$0.28+0.02+1.08+0.3 = 1.68 \text{ MW}$ →

K_I

Voor deze installatie lijkt 1 functieplaats voldoende en aangezien het toepassen van de Wessel relatie (17) niet makkelijk gaat, wordt er van 1 functie plaats uitgegaan.

Loonkosten fl. 350.000

Electriciteit uit FOG met behulp van een MCFC.

Ki

Capital Charge voor de totale investeringskosten (I_t) is 14.9% van I_t . Samen met de overige gerelateerde kosten, te weten 13% van I_t .

$$K_i = 0.279 * I_t = .279 * 70 = 19.5 \text{ Mfl.}$$

De totale jaarlijkse kosten zijn dus $1.13 * 0.1 + 2.6 * 0.35 + 19.5 = \text{Mfl.}20.5$

De opbrengsten: $4.57 * 10^3 \text{ kW}$ warmte voor hoge druk stoom

Aanname turbine efficiency 75% (21) = $3.43 * 10^3 \text{ kW}$ electriciteit

Electriciteit: MCFC+Turbogenerator-compressors=

$$4+0.2 - 1.68 = 2.52 * 10^3 \text{ kW}$$

$$= 2.02 * 10^7 \text{ kWh/jr}$$

$$+\text{stoomgegenereerd} = 2.74 * 10^7 \text{ kWh/jr}$$

$$= \underline{4.76 * 10^7 \text{ kWh/jr}}$$

Economische criteria

Indien de 'Return on Investment' (ROI) (17,18) minstens 10 % moet zijn dan :

Opbrengst-kosten = 10 % van (If+Iw)

$$\text{met If+Iw} = 0.80 * I + 0.06 * I = 0.86 * I = 0.86 * \text{Mfl. } 70 = \text{Mfl. } 60$$

Hieruit volgt dat de opbrengst minimaal $20.5 + 6 = 26.5 \text{ Mfl./jr}$ moet zijn.

Dit komt neer op een electriciteitsprijs van fl $0.557/\text{kWh}$.

De huidige electriciteitsprijs is fl $0.13/\text{kWh}$ waaruit opgemaakt kan worden dat de opbrengst uit electriciteitsproductie niet genoeg is om een ROI van 10% te halen.

De Pay out time (POT)(17,18) van de installatie is de ratio van het vast kapitaal over het exploitatieoverschot.

Het exploitatieoverschot is de opbrengst verminderd met de K_p en $2.6 * K_i$

Indien voor de opbrengst de berekende opbrengst voor een ROI van 10% , 26.5 Mfl./jr , wordt gebruikt, dan wordt het exploitatie overschot $26.5 - 0.1 - 0.91 = \text{Mfl. } 25.5$

De POT wordt dus 2.2 jr.

Nemen we voor de opbrengst de opbrengst bij een electriciteitsprijs van fl $0.13/\text{kWh}$ dan wordt de POT 11 jaar.

Investor 's rate of return (IRR)(17,18)

Cash Flow Table :

Voor de Cash Flow geldt:

Cash Flow = Bruto winst (/jr)

= Opbrengst (/jr) - Productkosten (/jr) + afschrijving (/jr)

Voor de opbrengst wordt de opbrengst genomen die nodig is voor een ROI van 10%.

De afschrijving wordt bijgeteld omdat deze onder capital charge met de produktkosten is afgetrokken. De afschrijving wordt : 10 % van I_f = 10 % van 80% van I_t = Mfl. 5.6

De Cash Flow wordt 11.6 Mfl./jr.

In bijlage A is voor de netto cash flow ratio een waarde berekend van 1.96 en voor de discountfactor-40% ratio een waarde van 0.41. Met behulp van Montfoort (17, p V-10, V-11) kan nu een IRR waarde gevonden worden van 12.6 %, die in bijlage A gecontroleerd is.

VII. Conclusies en aanbevelingen.

Het ontwerp is in staat om met behulp van een MCFC elektrische energie te winnen uit fosfor-ovengas, dat momenteel afgefakkeld wordt. De uiteindelijke prijs voor de electriciteit ligt 4-5 maal hoger dan de huidige electriciteitsprijs, zodat uit financieel oogpunt het proces (nog) niet interessant is. Dit zou echter kunnen veranderen door stijging van de electriciteits-prijs, of door veranderingen in de milieu-wetgeving.

En aangezien de brandstofcel een kwart van de kosten bedraagt, evenals het geheel van compressoren en expander, is het goedkoper worden van de brandstofcel, alsmede het werken bij lagere druk van de brandstofcel sterk van invloed op de uiteindelijke electriciteitsprijs. Het dient daarom ook aanbeveling het systeem eens te bekijken bij een werkdruk van 1-2 bar ofschoon deze druk voor een MCFC praktische problemen geeft.

Literatuur:

1. Laag, P.C. van der, Lugten, P.E., *Systeemstudies voor brandstofcelsystemen*, *Energiespectrum* oktober 1990, pp. 264-268
2. Ir J. Schinkel, Interduct Delft
3. Klein, C.A.M. van der, *De brandstofcel: ontwikkelingen en perspectieven*, *Energiespectrum* maart 1990, pp. 77-82
4. Topsoe, H, Fuel Cell Power Plant, Eur. Pat. 0430017, 1990
5. Van Dine, L.L., Pressurized High Temperature Fuel Cell Power Plant with Bottoming Cycle, US.Pat. 4041210, 1977
6. Patel, P., Fuel Cell System, US. Pat. 4791033, 1988
7. Farooque, M., Internal Reforming Molten Carbonate Fuel Cell System with Methane Feed, US. Pat. 5084362, 1992
8. Barendrecht, E., Barten, H., Vaal, H. de, Brandstofcel nadert précommerciële fase, *Chemisch Magazine* oktober 1994, pp. 424-427
9. Sitters, E., Berkel, F. van, Brandstofcel stelt hoge eisen aan materialen en materiaalkundigen, *Chemisch Magazine*, november 1994, pp 474
10. Oudhuis, A.B.J., Inventarisatie van technieken voor CO₂-removal from fuel gas or reformer gas, ECN Petten, 1992
11. Shaver, K.G., Poffenbarger, G.L., Grotewold, D.R., Membranes recover hydrogen, *Hydrocarbon Processing*, june 1991, pp. 77-80
12. Hech, J.L., Johansen, T., Process improves large scale hydrogen production, *Hydrocarbon Processing*, january 1978, pp. 175-177
13. Abens, S.G., Farooque, M., Apparatus for purifying hydrogen, US. Pat. 4620914, 1986
14. Sueda, M., Japan Pat. Jp 04,346,824 (92,346,824), 1992
15. Boersma, R.J., Technologie van de gesmolten carbonaat brandstofcelstapelings, *Energiespectrum* oktober 1990, pp. 260-263
16. Standhardt, H.E., Wieringa, G.W.B., Intergratie van brandstofcel en reformer ten behoeve van de productie van zink, TU Delft 1992, pp. 16
17. Montfoort, A.G., *De Chemische Fabriek. Deel II: Cost-engineering en Economische aspecten*, collegedictaat TU Delft 1991
18. Case Study College st44 - 2 April 1993, TU Delft 1993
19. Coulson, J.M., Richardson, J.F., *Chemical Engineering vol 6. Design*, Exeter 1991
20. Perry, *Chemical Engineers Handbook*, 6th edition, New York 1989, pp. 25-64, 25-65
21. Smith, J.M., Van Ness, H.C., *Introduction to chemical engineering thermodynamics*, 4th edition, 1987, pp 227
22. Kroschwitz, I., *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology* 6th edition, vol 4, pp 1080-1090
23. Allen, D., *Ammonia part II, carbon monoxide conversion*, pp 3-35
24. Janssen, L.P.B.M., Warmoeskerken, M.M.C.G., *Transport Phenomena Data Companion*, Dum 1991
25. *Chemiekaarten*, 9e editie, 1993

Symbolenlijst

C_I	=	C.E. Plant cost index
C_{fi}	=	complexity factor per eenheid
f	=	costliness index (Taylor)
f	=	investeringsfactor (Wilson)
F_m	=	materiaalfactor
F_p	=	drukfactor
F_t	=	temperatuurfactor
I_B	=	investering in de proceseenheden, de on site inves.
I_{equip}	=	apparaatkosten
I_F	=	investering vaste kosten
I_H	=	investering in hulpapparatuur
I_L	=	investering in niet-tastbare zaken
I_T	=	totale investeringskosten
I_W	=	werkkapitaal, terreinen, cash
K_i	=	investering gerelateerde kosten
K_l	=	semi-variabele kosten
K_p	=	kosten grondstoffen hulpstoffen utilities
K_t	=	totale kosten/jaar
m	=	degressie-exponent
P	=	electrische cel-vermogen (W)
P	=	capaciteit (kT/jaar) (Taylor)
P	=	doorzet (T/jaar)(Wilson)
P_i	=	capaciteit per eenheid (kton/jaar)
V_{cel}	=	cel-spanning (V)
$\phi H_{2,ci}$	=	moleflow waterstof converter in (kmol/s)
$\phi H_{2,ci}$	=	moleflow waterstof converter uit (kmol/s)

Bijlage A.

Bijlagen bij kostenberekeningen

Investeringskosten volgens Zevnik-Buchanan stapmethode, Jansen variant

Apparaat	T (K)	P(max)/P	Capaciteit (kg/s)	Ft	FP	FM	Pi (kTon/jaar)	m	Cfi	Cfi*Pi^m	
① MCFC	973	1.06	41.4	0.12294	0.002531		0.2	1192.32	0.6	4.231561	296.7128
② H2membr	325	1.53	3.05	0.0063	0.018469		0.2	87.84	0.6	3.355824	49.2056
③ 2fssch	325	1.26	4.21	0.0063	0.010037		0.2	121.248	0.6	3.291297	58.55605
Shift	507	1.2	4.21	0.03906	0.007918		0.2	121.248	0.6	3.531898	62.83663
Burner	705	1	15.94	0.0747	0		0.2	459.072	0.6	3.764697	148.8876
C1	623	1.02	1.04								
C2	381	1.02	0.035								
C3	413	1.53	12.93								
C4	464	1	15.94								
C5	985	1.06	3.2								
E1	975	1.1	14.02								
H1	506	1.01	5.59								
H2	973	1.01	6.5								
H3	729	1	20.15								
H4	857	1	29.96								

C=370.1
Middenkoers 25/11/94: 1\$ = fl. 1.7457
Totale investering:

Totaal: **616.1987**
lb (k\$) 22805.51
lb (kfl.) 39811.58
lb (Mfl.) 39.81158
lt (Mfl.) **62**

Berekeningen voor de Taylor-methode

Units	Doorzet	Constr Mat.	Tijd	Pres.& T.	Totaal = Si	1.3 [^] Si
Storage& Handling						
A	-0.5	1	0	0	0.5	1.140175
B	-0.1	1	0	0	0.9	1.266336
C	-4	1	0	0	-3	0.455166
D	-3	1	0	0	-2	0.591716
E	1	1	0	1.75	3.75	2.674777
F	-5	1	0	0	-4	0.350128
G	0	1	0	1	2	1.69
H	-4	1	0	0	-3	0.455166
PROCESSEN						
MCFC	2	1	0	1.75	4.75	3.47721
H2O-S	-2	1	0	0	-1	0.769231
H2-MEM	-3	1	0	0	-2	0.591716
Totaal = f						13.46162

Waste heat boiler?

Berekeningen bij de Lang-factor

middenkoers 25-11-1994 1\$=fl 1.7457

Apparaat:	Kostprijs (kfl.)	
MCFC (4MW)	4000	(lit 2. fl.1000,-/kW)
H2membraam	1183	(lit 11. \$662.000 in 6-1991 * 370,1(9-1994)/361.3(1991
Burner	19	(lit 19.)
Shiftreactor	142	(lit 19)
2fasescheider	65	(lit 19) zie ook berekening 2fasescheider.
C1	294	(lit 20, \$ 162.000 1989 *370.1/355.4))
C2	31	(lit 20, \$17.000, 1989 *370.1/355.4))
C3	1332	(lit 20. \$733.000, 1989 *370.1/355.4)
C4	907	(lit 20, \$499.000, 1989 370.1/355.4)
C5	311	(lit 20, \$ 171.000, 1989 *370.1/355.4)
E1	1460	(lit 20, \$803.000, 1989 *370.1/355.4)
H1	263	(lit 19) zie ook berekening
H2	351	(lit 19) zie ook berekening
H3	526	(lit 19) zie ook berekening
H4	570	(lit 19) zie berekening
Totaal	11174	

Bijlage B.

Berekening apparaten

st26 st27

Berekening LT shift reactor (lit. Slack, A.V., Russell James, G, Ammonia Part II, 1974 p30-36)
 in (kmol/s) in (%) uit(kmol/s) uit (%)

H2	0.006789	4.63695	0.010621	7.25478
CO	0.003911	2.67158	7.82E-05	0.05343
CO2	0.062293	42.5498	0.066126	45.168
H2O	0.071238	48.6598	0.067405	46.0417
$\sqrt{2}$	0.023		0.023	

$K_p = \frac{([CO_2][H_2][CO][H_2O])}{[H_2][CO]}$ = $\frac{6.6126e-2 * 1.0621e-2 / (7.8223e-5 * 6.7405e-2)}{133.2021}$

R1

Hieruit volgt een eind-temperatuur van rond de 230 C
 Er wordt 2.6% CO omgezet met een temperatuursteiging van 26 C zodat een 'on stage converter' mogelijk is

Tabel Lt1, Stepwise integration of Rate Equation

T (C)	Kp	CO(dCO= CO2 0.53334)	H2	H2O	K	K/Kp	1-K/Kp	catalyst act factor	Col c ⁱ *j	1/col k	Simpson addition	
205	185	2.672	42.5498	4.63695	48.6598	1.517481	0.008203	0.991797	0.455183	1.206273	0.829	0.4145
210	173	2.13866	43.08314	5.17029	48.12646	2.164196	0.01251	0.98749	0.420861	0.888818	1.125089	1.125089
215	161	1.60532	43.61648	5.70363	47.59312	3.256088	0.020224	0.979776	0.389752	0.613023	1.63126	1.63126
220	149	1.07198	44.14982	6.23697	47.05978	5.458408	0.036634	0.963366	0.361506	0.37333	2.678594	2.678594
225	137	0.53864	44.68316	6.77031	46.52644	12.0713	0.088112	0.911888	0.335813	0.164944	6.062646	6.062646
230	125	0.0053	45.2165	7.30365	45.9931	124.1321	0.993057	0.006943	0.312404	1.15E-05	86985.7	43492.85
		0.53334	0.53334	0.53334							S.A.=	43504.76

K_{is} = 68.443 g moles CO₂/s/atm abs/m³

K_{is} = 5475.44 NM³/h

dV = $\frac{K_{is} * p^{1/2}}{dCO * S.A.}$

= 441.4811

Gasroom = 5603 m³/h

Volume katalysator = 12.69137 m³

Prijs (L) = 16740 (p 193 Coulson)

Index 1979 PE = 319

Index 1990 PE = 790

Index 1990 PE UK = 100

Index 5-94 PE UK = 126.1

Middenkoers 19/9/94 1L= fl. 2.73

Prijs (fl.) = 142715

Twee fasen scheider

Coulson, Richardson (1) p 362-364, p641

V1

Dichtheid vloeistof (kg/m³) (Aspen) 740.2
Dichtheid gas (kg/m³) (Aspen) 4.67

Max design vapor velocity (m/s) (10.10) 0.44064

Vapour flow (m³/s) (Aspen) 0.652
Vessel area (m²) 1.479665
Diameter (m) 1.372577
Disengagement space (m) 1.372577

Liquid flow (m³/s) (Aspen) 0.001574
Volume for 10 min hold-up (m³) 0.9444
Liquid depth (m) 0.638253

Proposed Vessel Design:

Height (m) 2.01
Diameter (m) 1.37
Minimum wall thickness (mm) 7 (P641)
Material
SS 304
design stress (N/mm²) 165 (p638)
pressure (1e5 Pa) 3.36

Engels pond middenkoers 19/9/94 (fl.) 2.73
Prijs mid 1979 (L) 7400
Index 1979 (PE UK) 310
Index 1990 (PE UK) 790
Index 1990 (PE UKI) 100
Index 5/94 (PE UK) 126.1
Prijs (fl.) 64919.45 (p190, fig. 6.4)

Hi

	shellside		tubeside		gemiddeld-verschil	
	in	uit	in	uit	shell	tube
stroom nr	f7	f7a	f24	f24a		
temperatuur (C)	(Aspen) 233	52	20	147	181	127
druk (bar)	(Aspen) 3.51	3.36	4.18	4.18	0.15	0
enthalpie (MW)	(Aspen) -41.241	-45.175	-22.173	-18.24	3.934	3.933
massastroom (kg/s)	(Aspen) 4.211	4.211	1.38	1.38	4.211	1.38
dichtheid (kg/m ³)	(Aspen) 2.4079	6.4434	757.65	2.2139	4.42565	379.932
viscositeit (10 ⁻⁵ Pa s)	(DC p115) 2.65	5	100.2	2.3	3.825	51.25
cp(kj/kgK)	(DC p116) 1.034	1.035	4.18	1.035	1.0345	2.6075
thermal cond coeff (W/mK)	(DC p115) 0.0405	0.028	0.607	0.0342	0.03425	0.3206

Q (MW)	3.934
Log mean temperature	54.62207
R	1.425197
S	0.596244
Ft	
mean delta T	54.62207
U (W/m ² /C)	(U1 tab. 12.1 p513)
A (m ²)	78.54108
tube o.d. (mm)	(tab 12.3 p520)
wallthickness (mm)	(tab 12.3 p520)
tube i.d. (mm)	16
tube, eff length (m)	(P520/521)
area one tube (m ²)	0.304106
number of tubes	259
square pitch	1.25
K1	(tab 12.4 p523)
n1	(tabc12.4 p523)
bundle diam (mm)	497.714
shell type:	pull-through floating head
Shell ins - bundle diameter (mm (P522))	90
Shell diam (mm)	587.714

Tube side coefficient	
mean temp (C)	83.5
tube cross area (mm ²)	201.0619
total flow area (m ²)	0.052075
massastroom (kg/s)	(K10) 1.38
dichtheid gas (kg/m ³)	(I11) 2.2139
lineaire snelheid gas (m/s)	11.96993 (p534: liq 1-4 m/s, gas 10-30m/s)

pressure-drop (Pa) 220.25 (p542, 12.20)

Shell side coefficient	
baffle pitch	
baffle spacing (mm)	176.3142
tube pitch (mm)	25
cross-flow area (m ²)	0.020724 (p545, 12.21)
massaflux (kg/s/m ²)	203.1898
stroomsnelheid (m/s)	45.91186 (p534, 10-100 m/s)
de (mm)	19.7485 (p548, 12.22)
Re	57077.64 (p548, 12.24)
Pr	1.155318
25 % baffle cut p546 fig 12.29 =>Jh	
hs (W/m ² /C)	290.6979 (p548, 12.25)
Conductivity steel (W/m/C)	45 (p536, tab 12.6)
Fouling factor (W/m ² /C)	2000 (p516, tab 12.2)
U overall (W/m ² /C)	0 (p512, 12.2)
friction factor Jf	(p547, fig 12.30)
pressure drop (Pa)	2438.747 (p548, 12.26)

A (m ²) 'F25'	78.54108
Engelse pond middenkoers 19/9/94 (fl.)	2.73
Index 1979 PE	310
Index 1990 PE	790
Index 1990 PE UK	100
Index 5-94 PE UK	126.1
Prijs fl.	263187 (p189, fig 6.3)

Onleesbaar

Wc (kg/s)	1.1648
Tube loading (kg/m s (12.51 p571))	0.089471
Re	655.4644
kl(W/m C)	0.641
cond viscosity (N s/m (0.000546	
g (m/s ²)	9.8
dichth cond(kg/m ³)	740
dicht vapor (kg/m ³)	4.67
Nu eq	0.3 (fig 12.43 p 572)
hc (W/m ² C)	5029.184
P (bar)	3.51
Pc (bar)	220.5 (Smith, Van Ne)
q (W/m ²)	50088.44
h nb (W/m ² C)	7704.731 (12.63 p591)
=> U (W/m ² C)	917.2923 (12.2 p512)
U gekozen	917

(Boven 600 C =>36)
(2000-5000)

H₂

	shellside		tubeside		gemiddeld-verschil	
	in f5	uit f5a	in f3	uit f4	shell	tube
stroom nr						
temperatuur (C)	(Aspen)				244	396
druk (bar)	(Aspen)				0.13	0.18
enthalpie (MW)	(Aspen)				1.579	1.579
massastroom (kg/s)	(Aspen)				4.2104	2.2861
dichtheid (kg/m ³)	(Aspen)				1.629	1.61025
viscositeit (10-5Pa)	(DC p115)				4.015	3.185
cp(kj/kgK)	(DC p116)				1.09	1.0625
thermal cond coeef (W/mK)	(DC p115)				0.0648	0.0517

Q (MW)		1.579
Log mean temperature		164.4561
R		0.616162
S		0.798387
Ft		
mean delta T		164.4561
U (W/m ² /C)	(U1 tab. 12.1 p513)	
A (m ²)		137.1621
tube o.d. (mm)	(tab 12.3 p520)	
wallthickness (mm)	(tab 12.3 p520)	
tube i.d. (mm)		14.8
tube, eff length (m)	(P520/521)	
area one tube (m ²)		0.22808
number of tubes		602
square pitch		1.25
K1	(tab 12.4 p523)	
n1	(tab 12.4 p523)	
bundle diam (mm)		729.374
shell type:	pull-through floating head	
Shell ins - bundle diameter (mm) (P522)		90
Shell diam (mm)		819.374
Tube side coefficient		
mean temp (C)		402
tube cross area (mm ²)		172.0336
total flow area (m ²)		0.103564
massastroom (kg/s)	(K10)	2.2861
gem. dichtheid (kg/m ³)	(K11)	1.61025
lineaire snelheid (m/s)		13.70857 (p534: liq 1-4 m/s, gas 10-30m/s)
Re		10257.41
Pr		0.654558
L/i.d		245.2703
heat transfer factor Jh		(p539 fig 12.23)
hi		124.6204
friction factor		(p541, fig 12.24)
pressure-drop (Pa)		15727.01 (p542, 12.20)
Shell side coefficient		
baffle pitch		
baffle spacing (mm)		245.8122
tube pitch (mm)		25
cross-flow area (m ²)		0.040282 (p545, 12.21)
massaflux (kg/s/m ²)		104.522
stroomsnelheid (m/s)		64.1633 (p534, 10-100 m/s)
de (mm)		19.7485 (p548, 12.22)
Re		51411.03 (p548, 12.24)
Pr		0.675363
25 % baffle cut p546 fig 12.29 =>Jh		
hs (W/m ² /C)		444.5962 (p548, 12.25)
Conductivity steel (W/m/C)		45 (p536, tab 12.6)
Fouling factor (W/m ² /C)		2000 (p516, tab 12.2)
U overall (W/m ² /C)		69.75662 (p512, 12.2)
U gekozen (W/m ² /C)		70
friction factor Jf		(p547, fig 12.30)
pressure drop (Pa)		13149.09 (p548, 12.26)
A (m ²) 'F25'		137.1621
Engelse pond middenkoers 19/9/94 (fl.)		2.73
Index 1979 PE		310
Index 1990 PE		790
Index 1990 PE UK		100
Index 5/94 PE UK		126.1
Prijs (fl.)		350916 (p189, fig. 6.3)

(Boven 600 C =>36)
(2000-5000)

H3

stroom nr		shellside		tubeside		gemiddeld-verschil	
		in f13	uit f13a	in f5a	uit f6	shell	tube
temperatuur (C)	(Aspen)	191	280	456	207	89	249
druk (bar)	(Aspen)	4.22	4.21	3.87	3.76	0.01	0.11
enthalpie (MW)	(Aspen)	-25.666	-24.182	-39.749	-41.234	1.484	1.485
massastroom (kg/s)	(Aspen)	15.9436	15.9436	4.2104	4.2104	15.9436	4.2104
dichtheid (kg/m ³)	(Aspen)	3.3573	2.8089	1.8372	2.7273	3.0831	2.28225
viscositeit (10-5Pa)	(DC p115)	2.55	2.85	3.78	2.59	2.7	3.185
cp(kj/kgK)	(DC p116)	1.027	1.048	1.08	1.027	1.0375	1.0535
thermal cond coeff (W/mK)	(DC p115)	0.0377	0.0412	0.0562	0.0404	0.03945	0.0483

Q (MW)		1.484
Log mean temperature		66.72518
R		0.35743
S		0.939623
Ft		
mean delta T		66.72518
U (W/m ² /C)	(U1 tab. 12.1 p513)	
A (m ²)		278.006
tube o.d. (mm)	(tab 12.3 p520)	
wallthickness (mm)	(tab 12.3 p520)	
tube i.d. (mm)		14.8
tube, eff length (m)	(P520/521)	
area one tube (m ²)		0.302221
number of tubes		920
square pitch		1.25
K1	(tab 12.4 p523)	
n1	(tab 12.4 p523)	
bundle diam (mm)		883.91
shell type:	pull-through floating head	
Shell ins - bundle diameter (mm) (P522)		90
Shell diam (mm)		973.91
Tube side coefficient		
mean temp (C)		331.5
tube cross area (mm ²)		172.0336
total flow area (m ²)		0.158271
massastroom (kg/s)	(K10)	4.2104
gem. dichtheid (kg/m ³)	(K11)	2.28225
lineaire snelheid (m/s)		11.65625 (p534: liq 1-4 m/s, gas 10-30m/s)
Re		12361.59
Pr		0.694699
L/i.d		325
heat transfer factor Jh		
hi		143.0912 (p539 fig 12.23)
friction factor		
pressure-drop (Pa)		19857.86 (p541, fig 12.24) (p542, 12.20)
Shell side coefficient		
baffle pitch		
baffle spacing (mm)		292.173
tube pitch (mm)		25
cross-flow area (m ²)		0.05691 (p545, 12.21)
massaflux (kg/s/m ²)		280.1544
stroomsnelheid (m/s)		90.86777 (p534, 10-100m/s)
de (mm)		19.7485 (p548, 12.22)
Re		204912.2 (p548, 12.24)
Pr		0.710076
25 % baffle cut p546 fig 12.29 =>Jh		
hs (W/m ² /C)		548.4065 (p548, 12.25)
Conductivity steel (W/m/C)		45 (p536, tab 12.6) (Boven 600 C =>36)
Fouling factor (W/m ² /C)		2000 (p516, tab 12.2) (2000-5000)
U overall (W/m ² /C)		79.93579 (p512, 12.2)
U gekozen (W/m ² /C)		80
friction factor Jf		
pressure drop (Pa)		4960.304 (p547, fig 12.30) (p548, 12.26)
A (m ²) 'F25'		278.006
Engelse pond middenkoers 19/9/94 (fl.)		2.73
Index 1979 PE		310
Index 1990 PE		790
Index 1990 PE UK		100
Index 5-94 PE UK		126.1
Prijs (fl.)		526373.9 (pag 189, fig. 6.3)

Hy

stroom nr		shellside		tubeside		gemiddeld-verschil	
		in f13a	uit f14	in f21	uit f21a	shell	tube
temperatuur (C)	(Aspen)	280	409	584	443	129	141
druk (bar)	(Aspen)	4.21	4.2	1.8	1.18	0.01	0.62
enthalpie (MW)	(Aspen)	-24.182	-21.976	-7.7486	-9.9548	2.206	2.2062
massastroom (kg/s)	(Aspen)	15.9436	15.9436	14.0187	14.0187	15.9436	14.0187
dichtheid (kg/m ³)	(Aspen)	2.8089	2.2731	0.7533	0.5908	2.541	0.67205
viscositeit (10-5Pa)	(DC p115)	2.85	3.3	3.94	3.45	3.075	3.695
cp(kj/kgK)	(DC p116)	1.045	1.07	1.1	1.08	1.0575	1.09
thermal cond coeff (W/mK)	(DC p115)	0.051	0.0531	0.065	0.0552	0.05205	0.0601

Q (MW)		2.206	
Log mean temperature		168.929	
R		0.914894	
S		0.463816	
Ft			
mean delta T		168.929	
U (W/m ² /C)	(U1 tab. 12.1 p513)		
A (m ²)		290.1943	
tube o.d. (mm)	(tab 12.3 p520)		
wallthickness (mm)	(tab 12.3 p520)		
tube i.d. (mm)		34	
tube, eff length (m)	(P520/521)		
area one tube (m ²)		0.214885	
number of tubes		1351	
square pitch		1.25	
K1	(tab 12.4 p523)		
n1	(tabc12.4 p523)		
bundle diam (mm)		1998.803	
shell type:	pull-through floating head		
Shell ins - bundle diameter (mm, P522)		90	
Shell diam (mm)		2088.803	
Tube side coefficient			
mean temp (C)		513.5	
tube cross area (mm ²)		907.9203	
total flow area (m ²)		1.2266	
massastroom (kg/s)	(K10)	14.0187	
gem. dichtheid (kg/m ³)	(K11)	0.67205	
lineaire snelheid (m/s)		17.00604	(p534: liq 1-4 m/s, gas 10-30m/s)
Re		10516.45	
Pr		0.670141	
L/i.d		52.94118	
heat transfer factor Jh			(p539 fig 12.23)
hi		65.15678	
friction factor			(p541, fig 12.24)
pressure-drop (Pa)		2716.587	(p542, 12.20)
Shell side coefficient			
baffle pitch			
baffle spacing (mm)		626.6408	
tube pitch (mm)		47.5	
cross-flow area (m ²)		0.261786	(p545, 12.21)
massaflux (kg/s/m ²)		60.90322	
stroomsnelheid (m/s)		23.96821	(p534, 10-100 m/s)
de (mm)		37.52215	(p548, 12.22)
Re		74316.09	(p548, 12.24)
Pr		0.624748	
25 % baffle cut p546 fig 12.29 =>Jh			
hs (W/m ² /C)		247.1476	(p548, 12.25)
Conductivity steel (W/mC)		45	(p536, tab 12.6) (Boven 600 C =>36)
Fouling factor (W/m ² /C)		2000	(p516, tab 12.2) (2000-5000)
U overall (W/m ² /C)		44.8327	(p512, 12.2)
U gekozen (W/m ² /C)		45	
friction factor Jf			(p547, fig 12.30)
pressure drop (Pa)		746.9462	(p548, 12.26)
A (m ²) 'F25'		290.1943	
Index PE 1979		310	
Index PE 1990		790	
Index 1990 PE UK		100	
Index 5-94 PE UK		126.1	
Engelse pond middenkoers 19/9/94 (fl.)		2.73	
Prijs mid. 1979 (fl.)		570238.4	(pag 189, fig. 6.3)

Bijlage C.

Waste Heat Boiler

keet in PPS

WARMTEWISSELAARSPECIFIKATIEBLAD

Apparaatnummer : H. WHB	Aantal : . . . serie/parallel*																														
ALGEMENE EIGENSCHAPPEN :																															
Functie :																															
Type : Warmtewisselaar* Wand Kanalen Verdamer																															
Uitvoering : met vaste pijpplaten* floating head hoempeld dubbele pijp platenwisselaar																															
Positie : horizontaal/vertikaal*																															
Kapaciteit : 4750 . . kW (berekend) Warmtewisselend oppervlak : 152 . . m ² (berekend) Overallwarmteoverdrachtscoëfficiënt : 990 . W/m ² K (globaal) Logaritmisch temperatuurverschil (LMTD) : 30 . . °C Aantal passages pijpzijde : 1 Aantal passages mantelzijde : 1 Korrektiefactor LMTD (min. 0,75) : 1 Gekorrigeerde LMTD : 30 . . °C																															
BEDRIJFSKONDITIONES :																															
	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:60%;"></th> <th style="width:20%;">Mantelzijde</th> <th style="width:20%;">Pijpzijde</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Soort fluidum</td> <td style="text-align:center;">gas</td> <td style="text-align:center;">water/stoom</td> </tr> <tr> <td>Massastroom kg/s</td> <td style="text-align:center;">14.02</td> <td style="text-align:center;">1.61</td> </tr> <tr> <td>Massastroom te verdampen/kondenseren* kg/s</td> <td></td> <td style="text-align:center;">1.61</td> </tr> <tr> <td>Gemiddelde soortelijke warmte kJ/kg °C</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Verdampingswarmte kJ/kg</td> <td style="text-align:center;">443</td> <td style="text-align:center;">226</td> </tr> <tr> <td>Temperatuur IN °C</td> <td style="text-align:center;">.136</td> <td style="text-align:center;">.399</td> </tr> <tr> <td>Temperatuur UIT °C</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Druk bar</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Materiaal</td> <td style="text-align:center;">rvs 304</td> <td style="text-align:center;">rvs 304</td> </tr> </tbody> </table>		Mantelzijde	Pijpzijde	Soort fluidum	gas	water/stoom	Massastroom kg/s	14.02	1.61	Massastroom te verdampen/kondenseren* kg/s		1.61	Gemiddelde soortelijke warmte kJ/kg °C			Verdampingswarmte kJ/kg	443	226	Temperatuur IN °C	.136	.399	Temperatuur UIT °C			Druk bar			Materiaal	rvs 304	rvs 304
	Mantelzijde	Pijpzijde																													
Soort fluidum	gas	water/stoom																													
Massastroom kg/s	14.02	1.61																													
Massastroom te verdampen/kondenseren* kg/s		1.61																													
Gemiddelde soortelijke warmte kJ/kg °C																															
Verdampingswarmte kJ/kg	443	226																													
Temperatuur IN °C	.136	.399																													
Temperatuur UIT °C																															
Druk bar																															
Materiaal	rvs 304	rvs 304																													

Lit.: -Fysische Transportverschijnselen I, Smith en Stammers (1973)
 -College st 44/i 20, Apparaten voor de Procesindustrie,
 Hfdst. IV : Apparaten voor warmteoverdracht (1987),
 ir.W.J.B.van den Bergh (v.h. prof.E.J.de Jong)

* Doorstrepen wat niet van toepassing is

Bijlage D.

Aspen report files

ASPEN PLUS(TM) IS A PROPRIETARY PRODUCT OF ASPEN TECHNOLOGY, INC. (ASPENTECH), AND MAY BE USED ONLY UNDER AGREEMENT WITH ASPENTECH. RESTRICTED RIGHTS LEGEND: USE, DUPLICATION, OR DISCLOSURE BY THE GOVERNMENT IS SUBJECT TO RESTRICTIONS AS SET FORTH IN DEAR AND DFAR 252-227-7013 (C)(1)(II) OF THE RIGHTS IN TECHNICAL DATA AND COMPUTER SOFTWARE CLAUSES OR OTHER SIMILAR REGULATIONS OF OTHER GOVERNMENTAL AGENCIES WHICH DESIGNATE SOFTWARE AND DOCUMENTATION AS PROPRIETARY.

TABLE OF CONTENTS

RUN CONTROL SECTION.....	1
RUN CONTROL INFORMATION.....	1
BLOCK STATUS.....	1
FLOWSHEET SECTION.....	2
FLOWSHEET CONNECTIVITY BY STREAMS.....	2
FLOWSHEET CONNECTIVITY BY BLOCKS.....	2
CONVERGENCE STATUS SUMMARY.....	3
DESIGN-SPEC: TEIN.....	3
DESIGN-SPEC: TEUIT.....	3
FORTRAN BLOCK: CPW.....	4
FORTRAN BLOCK: SH22.....	5
CONVERGENCE BLOCK: \$SOLVER01.....	5
CONVERGENCE BLOCK: \$SOLVER02.....	6
CONVERGENCE BLOCK: \$SOLVER03.....	7
COMPUTATIONAL SEQUENCE.....	7
OVERALL FLOWSHEET BALANCE.....	8
PHYSICAL PROPERTIES SECTION.....	9
COMPONENTS.....	9
U-O-S BLOCK SECTION.....	10
BLOCK: 2FSSCH MODEL: FLASH2.....	10
BLOCK: COMP1 MODEL: COMPR.....	10
BLOCK: COMP2 MODEL: COMPR.....	11
BLOCK: COMP3 MODEL: COMPR.....	12
BLOCK: COMP4 MODEL: COMPR.....	13
BLOCK: COMP5 MODEL: COMPR.....	13
BLOCK: CONV MODEL: RSTOIC.....	14
BLOCK: EXP1 MODEL: COMPR.....	15
BLOCK: FCEV MODEL: RGIBBS.....	16
BLOCK: H1CH MODEL: HEATER.....	17
BLOCK: H1HC MODEL: HEATER.....	18
BLOCK: H2CH MODEL: HEATER.....	19
BLOCK: H2H3HC MODEL: HEATER.....	20
BLOCK: H2SEP MODEL: SEP2.....	21
BLOCK: H3H4CH MODEL: HEATER.....	22
BLOCK: H4HC MODEL: HEATER.....	23
BLOCK: HX1B MODEL: HEATER.....	24
BLOCK: MIX1 MODEL: MIXER.....	25
BLOCK: MIX2 MODEL: MIXER.....	25

TABLE OF CONTENTS

BLOCK: MIX3	MODEL: MIXER.....	25
BLOCK: MIXHE	MODEL: MIXER.....	26
BLOCK: PU	MODEL: FSPLIT.....	26
BLOCK: RAD	MODEL: FSPLIT.....	27
BLOCK: RBURN	MODEL: RSTOIC.....	27
BLOCK: RSHIFT	MODEL: RSTOIC.....	28
BLOCK: SEP1	MODEL: SEP2.....	30
BLOCK: SHIFT1	MODEL: RSTOIC.....	31
BLOCK: SHIFT2	MODEL: RGIBBS.....	32
BLOCK: SPL	MODEL: FSPLIT.....	33
STREAM SECTION.....		35
F1 F10 F11 F12 F13.....		35
F14 F15 F16 F17 F18.....		36
F19 F2 F20 F21 F22.....		37
F23 F24 F24A F25 F26.....		38
F27 F28 F3 F4 F5.....		39
F6 F7 F7A F8 F9.....		40
S2A S3 S4 S5 S9.....		41
Q1 Q2 Q3 Q4 Q5.....		42
Q6 QH1CH QH1HC QH2CH QH2H3HC.....		43
QH3H4CH QH4 QIN.....		44
W1 W2 W3 W4 W5.....		45
WEX1.....		46

RUN CONTROL SECTION

RUN CONTROL INFORMATION

THIS VERSION OF ASPEN PLUS LICENSED TO Delft University of Technology

THE FOLLOWING LAYERED PRODUCTS HAVE BEEN INSTALLED:

RATEFRAC RELEASE 1.5-4 INSTALLED ON 07/21/92 AT 19:51:30:00

TYPE OF RUN: NEW

INPUT FILE NAME: mig2.inp

OUTPUT PROBLEM DATA FILE NAME: mcfc7 VERSION NO. 1
LOCATED IN: /home/dutsh13/student/tervoort

PDF SIZE USED FOR INPUT TRANSLATION:
NUMBER OF FILE RECORDS (PSIZE) = 9999
NUMBER OF IN-CORE RECORDS = 400
PSIZE NEEDED FOR SIMULATION = 2000

CALLING PROGRAM NAME: apmod
LOCATED IN: /usr/local/lib/aspr85/aspplus

SIMULATION REQUESTED FOR ENTIRE FLOWSHEET

BLOCK STATUS

*
* ALL UNIT OPERATION BLOCKS WERE COMPLETED NORMALLY *
*
* ALL CONVERGENCE BLOCKS WERE COMPLETED NORMALLY *
*

FLWSHEET SECTION

FLWSHEET CONNECTIVITY BY STREAMS

STREAM	SOURCE	DEST	STREAM	SOURCE	DEST
F10	----	COMP3	F1	----	COMP1
F24	----	H1CH	F17	HX1B	PU
S4	SEP1	CONV	S9	SEP1	HX1B
F20	PU	EXP1	F18	PU	COMP5
F21	EXP1	H4HC	WEX1	EXP1	----
F19	COMP5	MIX3	W5	COMP5	----
F11	COMP3	MIX2	W3	COMP3	----
F12	MIX2	COMP4	F15	RBURN	MIX3
F16	MIX3	SEP1	S2A	FCEV	SHIFT1
Q1	FCEV	MIXHE	S3	SHIFT1	CONV
Q2	SHIFT1	MIXHE	S5	CONV	SHIFT2
Q3	CONV	RAD	F5	SHIFT2	H2H3HC
Q4	SHIFT2	MIXHE	Q5	RAD	MIXHE
Q6	RAD	----	F3	MIX1	H2CH
F7A	H1HC	2FSSCH	QH1HC	H1HC	----
F9	H2SEP	MIX2	F26	H2SEP	COMP2
F6	H2H3HC	RSHIFT	QH2H3HC	H2H3HC	----
F7	RSHIFT	H1HC	F14	H3H4CH	RBURN
QH3H4CH	H3H4CH	----	F13	COMP4	H3H4CH
W4	COMP4	----	F22	H4HC	----
QH4	H4HC	----	F27	COMP2	MIX1
W2	COMP2	----	F2	COMP1	MIX1
W1	COMP1	----	F4	H2CH	FCEV
QH2CH	H2CH	----	QIN	MIXHE	HX1B
F8	2FSSCH	H2SEP	F23	2FSSCH	----
F24A	H1CH	SPL	QH1CH	H1CH	----
F28	SPL	----	F25	SPL	MIX1

FLWSHEET CONNECTIVITY BY BLOCKS

BLOCK	INLETS	OUTLETS
HX1B	S9 QIN	F17
SEP1	F16	S4 S9
PU	F17	F20 F18
EXP1	F20	F21 WEX1
COMP5	F18	F19 W5
COMP3	F10	F11 W3
MIX2	F11 F9	F12
RBURN	F14	F15
MIX3	F15 F19	F16
FCEV	F4	S2A Q1
SHIFT1	S2A	S3 Q2
CONV	S3 S4	S5 Q3
SHIFT2	S5	F5 Q4
RAD	Q3	Q5 Q6
MIX1	F2 F27 F25	F3
H1HC	F7	F7A QH1HC
H2SEP	F8	F9 F26
H2H3HC	F5	F6 QH2H3HC
RSHIFT	F6	F7
H3H4CH	F13	F14 QH3H4CH

FLWSHEET SECTION

FLWSHEET CONNECTIVITY BY BLOCKS (CONTINUED)

COMP4	F12	F13 W4
H4HC	F21	F22 QH4
COMP2	F26	F27 W2
COMP1	F1	F2 W1
H2CH	F3	F4 QH2CH
MIXHE	Q1 Q2 Q4 Q5	QIN
2FSSCH	F7A	F8 F23
H1CH	F24	F24A QH1CH
SPL	F24A	F28 F25

CONVERGENCE STATUS SUMMARY

DESIGN-SPEC SUMMARY

DESIGN SPEC	ERROR	TOLERANCE	ERR/TOL	VARIABLE	STAT	CONV BLOCK
TEIN	.47807	2.0000	.23903	681.68	#	\$OLVER02
TEUIT	1.7290	3.0000	.57633	.62340	#	\$OLVER03

TEAR STREAM SUMMARY

STREAM ID	MAXIMUM ERROR	TOLERANCE	MAXIMUM ERR/TOL	VARIABLE ID	STAT	CONV BLOCK
F17	.15231E-06	.41724E-06	.36504	MASS ENTHALPY	#	\$OLVER01
S3	.15204E-14	.82104E-09	.18518E-05	CO MOLEFLOW	#	\$OLVER01
F12	.27952E-18	.10554E-09	.26486E-08	CH4 MOLEFLOW	#	\$OLVER01

= CONVERGED
 * = NOT CONVERGED
 LB = AT LOWER BOUNDS
 UB = AT UPPER BOUNDS

DESIGN-SPEC: TEIN

SAMPLED VARIABLES:

TEMPPI : TEMPERATURE IN STREAM F16 SUBSTREAM MIXED

SPECIFICATION:

MAKE TEMPPI APPROACH 873.000
 WITHIN 2.00000

MANIPULATED VARIABLES:

VARY : SENTENCE=PARAM VARIABLE=TEMP IN UOS BLOCK H3H4CH
 LOWER LIMIT = 100.000 K
 UPPER LIMIT = 1,000.00 K
 FINAL VALUE = 681.682 K

FLWSHEET SECTION

DESIGN-SPEC: TEUIT

SAMPLED VARIABLES:

TEUI : TEMPERATURE IN STREAM F17 SUBSTREAM MIXED

SPECIFICATION:

MAKE TEUI APPROACH 973.000
WITHIN 3.00000

MANIPULATED VARIABLES:

VARY : SENTENCE=FRAC VARIABLE=FRAC ID1=F18 IN UOS BLOCK PU
LOWER LIMIT = 0.10000
UPPER LIMIT = 0.99000
FINAL VALUE = 0.62340

FORTRAN BLOCK: CPW

SAMPLED VARIABLES:

VQ3 : INFO-VAR IN STREAM Q3 ID: HEAT
VQ5 : INFO-VAR IN STREAM Q5 ID: HEAT
PWR : INFO-VAR IN STREAM Q6 ID: HEAT
H2AMI : H2 MOLEFRAC IN STREAM S2A SUBSTREAM MIXED
H2AMU : H2 MOLEFRAC IN STREAM S5 SUBSTREAM MIXED
CO2MI : CO2 MOLEFRAC IN STREAM S2A SUBSTREAM MIXED
CO2MU : CO2 MOLEFRAC IN STREAM S5 SUBSTREAM MIXED
H2OMI : H2O MOLEFRAC IN STREAM S2A SUBSTREAM MIXED
H2OMU : H2O MOLEFRAC IN STREAM S5 SUBSTREAM MIXED
H2AIN : H2 MOLEFLOW IN STREAM S3 SUBSTREAM MIXED
H2AOU : H2 MOLEFLOW IN STREAM S5 SUBSTREAM MIXED
O2KIN : O2 MOLEFRAC IN STREAM F16 SUBSTREAM MIXED
O2KOU : O2 MOLEFRAC IN STREAM F17 SUBSTREAM MIXED
CO2KIN : CO2 MOLEFRAC IN STREAM F16 SUBSTREAM MIXED
CO2KOU : CO2 MOLEFRAC IN STREAM F17 SUBSTREAM MIXED
PSYS : PRESSURE IN STREAM F16 SUBSTREAM MIXED

FORTRAN STATEMENTS:

O2M=(O2KIN+O2KOU)/2
CO2M=(CO2KIN+CO2KOU)/2
H2AM=(H2AMI+H2AMU)/2
CO2AM=(CO2MI+CO2MU)/2
H2OAM=(H2OMI+H2OMU)/2
VCEL1=1.7*((1-H2AOU/H2AIN)*100-70)
VCEL2=85*DLOG10(PSYS/5+0.000001)
VCEL3=110*DLOG10(O2M*CO2M/0.03+0.000002)
VCEL4=91*DLOG10(H2AM/14.29*CO2AM*H2OAM+0.000001)
VCEL=820+VCEL1+VCEL2+VCEL3+VCEL4
PWR=VCEL*(H2AIN-H2AOU)*2*96487
VQ5=VQ3-PWR

READ VARIABLES: VQ3 H2AIN H2AOU O2KOU O2KOU
O2KIN CO2KOU PSYS

FLWSHEET SECTION

FORTRAN BLOCK: CPW (CONTINUED)

WRITE VARIABLES: VQ5 PWR

FORTRAN BLOCK: SH22

SAMPLED VARIABLES:

BH : H2 MOLEFLOW IN STREAM S3 SUBSTREAM MIXED
 BS4 : SENTENCE=STREAM-MOLE- VARIABLE=FLOW ID1=MIXED ID2=S4 IN UOS
 BLOCK SEPI

FORTRAN STATEMENTS:

BS4=BH*.375*3

READ VARIABLES: BH

WRITE VARIABLES: BS4

CONVERGENCE BLOCK: \$SOLVER01

TEAR STREAM : F17 S3 F12
 TOLERANCE USED: -.100E-03 -.100E-03 -.100E-03
 TRACE MOLEFRAC: .100E-05 .100E-05 .100E-05

MAXIT= 50 WAIT 1 ITERATIONS BEFORE ACCELERATING
 QMAX = .00E+00 QMIN = -5.0
 METHOD: WEGSTEIN STATUS: CONVERGED
 TOTAL NUMBER OF ITERATIONS: 12

*** FINAL VALUES ***

VARIABLE		VALUE	PREV VALUE	ERR/TOL
TOTAL MOLEFLOW	KMOL/SEC	.1247781E+01	.1247781E+01	-.3736984E-10
TOTAL MOLEFLOW	KMOL/SEC	.1144044E+00	.1144044E+00	-.2753615E-09
TOTAL MOLEFLOW	KMOL/SEC	.5188600E+00	.5188600E+00	-.6419205E-11
H2 MOLEFLOW	KMOL/SEC	.4230523E-04	.4230523E-04	-.3523862E-10
CO MOLEFLOW	KMOL/SEC	.2077080E-05	.2077080E-05	-.8767696E-10
CO2 MOLEFLOW	KMOL/SEC	.1014346E+00	.1014346E+00	-.4295995E-09
CH4 MOLEFLOW	KMOL/SEC	.2802333E-07	.2802333E-07	-.2703809E-09
O2 MOLEFLOW	KMOL/SEC	.1922811E+00	.1922811E+00	.8660937E-11
H2O MOLEFLOW	KMOL/SEC	.1162986E-01	.1162986E-01	-.1745186E-09
N2 MOLEFLOW	KMOL/SEC	.9423910E+00	.9423910E+00	-.2356184E-11
PRESSURE	N/SQM	.3850000E+06	.3850000E+06	.0000000E+00
MASS ENTHALPY	J/KG	-.4172266E+06	-.4172418E+06	.3650440E+00
H2 MOLEFLOW	KMOL/SEC	.4277005E-01	.4277005E-01	.4704880E-10
CO MOLEFLOW	KMOL/SEC	.8210410E-05	.8210410E-05	-.1851794E-05
CO2 MOLEFLOW	KMOL/SEC	.3411797E-01	.3411797E-01	-.1667712E-09
CH4 MOLEFLOW	KMOL/SEC	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
O2 MOLEFLOW	KMOL/SEC	.0000000E+00	.0000000E+00	.0000000E+00
H2O MOLEFLOW	KMOL/SEC	.3525821E-01	.3525821E-01	-.3562120E-09
N2 MOLEFLOW	KMOL/SEC	.2250000E-02	.2250000E-02	-.1021559E-09

FLWSHEET SECTION

CONVERGENCE BLOCK: SOLVER01 (CONTINUED)

PRESSURE	N/SQM	.3970000E+06	.3970000E+06	.0000000E+00
MASS ENTHALPY	J/KG	-.8557414E+07	-.8557414E+07	.6811252E-10
H2 MOLEFLOW	KMOL/SEC	.1593222E-02	.1593222E-02	.2041528E-10
CO MOLEFLOW	KMOL/SEC	.7822319E-04	.7822319E-04	.1819173E-08
CO2 MOLEFLOW	KMOL/SEC	.7020109E-01	.7020109E-01	-.3953724E-10
CH4 MOLEFLOW	KMOL/SEC	.1055363E-05	.1055363E-05	.2648575E-08
O2 MOLEFLOW	KMOL/SEC	.8928000E-01	.8928000E-01	.0000000E+00
H2O MOLEFLOW	KMOL/SEC	.2800446E-02	.2800446E-02	-.1718961E-09
N2 MOLEFLOW	KMOL/SEC	.3549060E+00	.3549060E+00	.0000000E+00
PRESSURE	N/SQM	.2750000E+06	.2750000E+06	.0000000E+00
MASS ENTHALPY	J/KG	-.1678055E+07	-.1678055E+07	.5995866E-10

*** ITERATION HISTORY ***

TEAR STREAMS:

ITERATION	MAX-ERR/TOL	STREAM ID	VARIABLE
1	-.3865E+06	S3	MASS ENTHALPY
2	-.5254E+06	F12	MASS ENTHALPY
3	.1252E+06	F12	H2O MOLEFLOW
4	.2366E+07	F17	H2O MOLEFLOW
5	.1169E+06	F17	H2 MOLEFLOW
6	-663.0	F17	H2O MOLEFLOW
7	-417.9	F17	H2O MOLEFLOW
8	901.3	F17	H2 MOLEFLOW
9	-440.5	F17	TOTAL MOLEFLOW
10	67.90	F17	CO2 MOLEFLOW
11	42.04	F17	CO2 MOLEFLOW
12	.3650	F17	MASS ENTHALPY

CONVERGENCE BLOCK: SOLVER02

SPECS: TEIN

MAXIT= 30 STEP-SIZE= 100.00 % OF RANGE
 MAX-STEP= 100. % OF RANGE
 XTOL= 1.000000E-08

THE NEW ALGORITHM WAS USED WITH BRACKETING=NO .

METHOD: SECANT STATUS: CONVERGED

TOTAL NUMBER OF ITERATIONS: 139

NUMBER OF ITERATIONS ON LAST OUTER LOOP: 1

*** FINAL VALUES ***

VARIABLE	VALUE	PREV VALUE	ERR/TOL
BLOCK-VAR K	.6816818E+03	.6816818E+03	.2390330E+00

*** ITERATION HISTORY ***

FLWSHEET SECTION

CONVERGENCE BLOCK: \$OLVER02 (CONTINUED)

DESIGN-SPEC ID: TEIN

ITERATION	VARIABLE	ERROR	ERR/TOL
1	681.7	-.2800	-.1400

CONVERGENCE BLOCK: \$OLVER03

SPECS: TEUIT

MAXIT= 30 STEP-SIZE= 100.00 % OF RANGE
 MAX-STEP= 100. % OF RANGE
 XTOL= 1.000000E-08

THE NEW ALGORITHM WAS USED WITH BRACKETING=NO .
 METHOD: SECANT STATUS: CONVERGED
 TOTAL NUMBER OF ITERATIONS: 55
 NUMBER OF ITERATIONS ON LAST OUTER LOOP: 1

*** FINAL VALUES ***

VARIABLE	VALUE	PREV VALUE	ERR/TOL
BLOCK-VAR	.6233983E+00	.6233983E+00	.5763257E+00

*** ITERATION HISTORY ***

DESIGN-SPEC ID: TEUIT

ITERATION	VARIABLE	ERROR	ERR/TOL
1	.6234	2.364	.7881

FLWSHEET SECTION

COMPUTATIONAL SEQUENCE

SEQUENCE USED WAS:

H1CH SPL COMP1 COMP3 \$OLVER01 \$OLVER03 PU COMP5 SH22 COMP4 \$OLVER02
 H3H4CH RBURN MIX3 \$OLVER02<--- SEP1 CONV SHIFT2 H2H3HC RSHIFT H1HC
 2FSSCH H2SEP COMP2 MIX1 H2CH FCEV SHIFT1 CPW RAD MIXHE HX1B
 \$OLVER03<--- MIX2 \$OLVER01<--- EXP1 H4HC

OVERALL FLOWSHEET BALANCE

CONVENTIONAL COMPONENTS (KMOL/SEC)	*** MASS AND ENERGY BALANCE ***		GENERATION	RELATIVE DIFF.
	IN	OUT		
H2	.000000E+00	.159381E-04	.159381E-04	-.104239E-10
CO	.337500E-01	.782258E-06	-.337492E-01	-.446145E-13
CO2	.446400E-02	.382132E-01	.337492E-01	-.134372E-12
CH4	.000000E+00	.105570E-07	.105570E-07	.573212E-10
O2	.892800E-01	.724134E-01	-.168666E-01	.170985E-14
H2O	.781028E-01	.780869E-01	-.159592E-04	-.564709E-14
N2	.354906	.354906	.390313E-17	-.458235E-15
TOTAL BALANCE				
MOLE (KMOL/SEC)	.560503	.543636	-.168666E-01	-.130049E-13
MASS (KG/SEC)	15.3477	15.3477		-.110001E-05
ENTHALPY (WATT)	-.281464E+08	-.281468E+08		.142344E-04

PHYSICAL PROPERTIES SECTION

COMPONENTS

ID	TYPE	FORMULA	NAME OR ALIAS	REPORT NAME
H2	C	H2	H2	H2
CO	C	CO	CO	CO
CO2	C	CO2	CO2	CO2
CH4	C	CH4	CH4	CH4
O2	C	O2	O2	O2
H2O	C	H2O	H2O	H2O
N2	C	N2	N2	N2

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: 2FSSCH MODEL: FLASH2

 INLET STREAM: F7A
 OUTLET VAPOR STREAM: F8
 OUTLET LIQUID STREAM: F23
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
TOTAL BALANCE			
MOLE(KMOL/SEC)	.146481	.146481	.000000E+00
MASS(KG/SEC)	4.21115	4.21115	.000000E+00
ENTHALPY(WATT)	-.451737E+08	-.451737E+08	-.329864E-15

*** INPUT DATA ***

TWO PHASE PQ FLASH
 PRESSURE DROP N/SQM 0.0
 SPECIFIED HEAT DUTY WATT 0.0
 MAXIMUM NO. ITERATIONS 30
 CONVERGENCE TOLERANCE 0.00010000

*** RESULTS ***

OUTLET TEMPERATURE K 325.00
 OUTLET PRESSURE N/SQM .33300E+06
 VAPOR FRACTION .55887

V-L PHASE EQUILIBRIUM :

COMP	F(I)	X(I)	Y(I)	K(I)
H2	.72511E-01	.91197E-07	.12974	.14227E+07
CO	.53401E-03	.39667E-09	.95552E-03	.24088E+07
CO2	.45143	.19766E-03	.80759	4085.8
CH4	.72048E-05	.51745E-10	.12892E-04	.24914E+06
H2O	.46016	.99980	.34208E-01	.34215E-01
N2	.15360E-01	.10551E-07	.27484E-01	.26050E+07

BLOCK: COMP1 MODEL: COMPR

 INLET STREAM: F1
 OUTLET STREAM: F2
 OUTLET WORK STREAM: W1
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: COMP1 MODEL: COMPR (CONTINUED)

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***
IN OUT

TOTAL BALANCE	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
MOLE(KMOL/SEC)	.375000E-01	.375000E-01	.000000E+00
MASS(KG/SEC)	1.03539	1.03539	.000000E+00
ENTHALPY(WATT)	-.401388E+07	-.401388E+07	.335048E-08

*** INPUT DATA ***

GAS PHASE CALCULATION

NO FLASH PERFORMED

TYPE : ISENTROPIC CENTRIFUGAL COMPRESSOR

OUTLET PRESSURE N/SQM

415,000.

ISENTROPIC EFFICIENCY

0.72000

MECHANICAL EFFICIENCY

1.00000

*** RESULTS ***

INDICATED HORSEPOWER REQUIREMENT WATT

282,689.

BRAKE HORSEPOWER REQUIREMENT WATT

282,689.

NET WORK, WATT

-282,689.

ISENTROPIC HORSEPOWER REQUIREMENT WATT

203,536.

CALCULATED OUTLET TEMP K

623.428

ISENTROPIC TEMPERATURE K

554.539

OUTLET VAPOR FRACTION

1.00000

BLOCK: COMP2 MODEL: COMPR

INLET STREAM: F26

OUTLET STREAM: F27

OUTLET WORK STREAM: W2

PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***
IN OUT

TOTAL BALANCE	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
MOLE(KMOL/SEC)	.940443E-02	.940443E-02	.000000E+00
MASS(KG/SEC)	.347565E-01	.347565E-01	.000000E+00
ENTHALPY(WATT)	-140831.	-140831.	-.496880E-08

*** INPUT DATA ***

GAS PHASE CALCULATION

NO FLASH PERFORMED

TYPE : ISENTROPIC CENTRIFUGAL COMPRESSOR

OUTLET PRESSURE N/SQM

415,000.

ISENTROPIC EFFICIENCY

0.72000

MECHANICAL EFFICIENCY

1.00000

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: COMP2 MODEL: COMPR (CONTINUED)

*** RESULTS ***

INDICATED HORSEPOWER REQUIREMENT	WATT	19,285.5
BRAKE HORSEPOWER REQUIREMENT	WATT	19,285.5
NET WORK,	WATT	-19,285.5
ISENTROPIC HORSEPOWER REQUIREMENT	WATT	13,885.6
CALCULATED OUTLET TEMP	K	395.275
ISENTROPIC TEMPERATURE	K	375.684
OUTLET VAPOR FRACTION		1.00000

BLOCK: COMP3 MODEL: COMPR

INLET STREAM: F10
 OUTLET STREAM: F11
 OUTLET WORK STREAM: W3
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
--	----	-----	----------------

TOTAL BALANCE			
MOLE(KMOL/SEC)	.446400	.446400	.000000E+00
MASS(KG/SEC)	12.9323	12.9323	.000000E+00
ENTHALPY(WATT)	-.195921E+07	-.195921E+07	.138166E-07

*** INPUT DATA ***

GAS PHASE CALCULATION
 NO FLASH PERFORMED

TYPE : ISENTROPIC CENTRIFUGAL COMPRESSOR
 OUTLET PRESSURE N/SQM 275,000.
 ISENTROPIC EFFICIENCY 0.72000
 MECHANICAL EFFICIENCY 1.00000

*** RESULTS ***

INDICATED HORSEPOWER REQUIREMENT	WATT	1,709,990.
BRAKE HORSEPOWER REQUIREMENT	WATT	1,709,990.
NET WORK,	WATT	-1,709,990.
ISENTROPIC HORSEPOWER REQUIREMENT	WATT	1,231,190.
CALCULATED OUTLET TEMP	K	413.126
ISENTROPIC TEMPERATURE	K	376.943
OUTLET VAPOR FRACTION		1.00000

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: COMP4 MODEL: COMPR

 INLET STREAM: F12
 OUTLET STREAM: F13
 OUTLET WORK STREAM: W4
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
TOTAL BALANCE			
MOLE(KMOL/SEC)	.518860	.518860	-.427947E-15
MASS(KG/SEC)	15.9443	15.9443	-.891283E-15
ENTHALPY(WATT)	-.267554E+08	-.267554E+08	.146898E-08

*** INPUT DATA ***

GAS PHASE CALCULATION

NO FLASH PERFORMED

TYPE : ISENTROPIC CENTRIFUGAL COMPRESSOR

OUTLET PRESSURE N/SQM 422,000.
 ISENTROPIC EFFICIENCY 0.72000
 MECHANICAL EFFICIENCY 1.00000

*** RESULTS ***

INDICATED HORSEPOWER REQUIREMENT WATT 1,081,440.
 BRAKE HORSEPOWER REQUIREMENT WATT 1,081,440.
 NET WORK, WATT -1,081,440.
 ISENTROPIC HORSEPOWER REQUIREMENT WATT 778,635.
 CALCULATED OUTLET TEMP K 463.835
 ISENTROPIC TEMPERATURE K 445.400
 OUTLET VAPOR FRACTION 1.00000

BLOCK: COMP5 MODEL: COMPR

 INLET STREAM: F18
 OUTLET STREAM: F19
 OUTLET WORK STREAM: W5
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
TOTAL BALANCE			
MOLE(KMOL/SEC)	.777865	.777865	.000000E+00
MASS(KG/SEC)	23.2065	23.2065	.000000E+00
ENTHALPY(WATT)	-.968272E+07	-.968272E+07	-.203800E-09

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: COMP5 MODEL: COMPR (CONTINUED)

*** INPUT DATA ***

GAS PHASE CALCULATION

NO FLASH PERFORMED

TYPE : ISENTROPIC CENTRIFUGAL COMPRESSOR

OUTLET PRESSURE N/SQM

400,000.

ISENTROPIC EFFICIENCY

0.80000

MECHANICAL EFFICIENCY

1.00000

*** RESULTS ***

INDICATED HORSEPOWER REQUIREMENT WATT

303,384.

BRAKE HORSEPOWER REQUIREMENT WATT

303,384.

NET WORK, WATT

-303,384.

ISENTROPIC HORSEPOWER REQUIREMENT WATT

242,707.

CALCULATED OUTLET TEMP K

985.921

ISENTROPIC TEMPERATURE K

983.679

OUTLET VAPOR FRACTION

1.00000

BLOCK: CONV MODEL: RSTOIC

 INLET STREAMS: S3 S4
 OUTLET STREAM: S5
 OUTLET HEAT STREAM: Q3
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

	IN	OUT	GENERATION	RELATIVE DIFF.
TOTAL BALANCE				
MOLE(KMOL/SEC)	.162521	.146484	-.160372E-01	-.156265E-13
MASS(KG/SEC)	4.21117	4.21115		.380825E-05
ENTHALPY(WATT)	-.310461E+08	-.310460E+08		-.380825E-05

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: CONV MODEL: RSTOIC (CONTINUED)

*** INPUT DATA ***

SIMULTANEOUS REACTIONS
STOICHIOMETRY MATRIX:

REACTION # 1:
SUBSTREAM MIXED :
H2 -2.00 O2 -1.00 H2O 2.00

REACTION CONVERSION SPECS: NUMBER= 1
REACTION # 1:
SUBSTREAM:MIXED KEY COMP:H2 CONV FRAC: .7500

TWO PHASE TP FLASH
SPECIFIED TEMPERATURE K 973.000
PRESSURE DROP N/SQM 0.0
MAXIMUM NO. ITERATIONS 30
CONVERGENCE TOLERANCE 0.00010000

*** RESULTS ***

OUTLET TEMPERATURE K 973.00
OUTLET PRESSURE N/SQM .39700E+06
HEAT DUTY WATT -.72671E+07
VAPOR FRACTION 1.0000

V-L PHASE EQUILIBRIUM :

COMP	F(I)	X(I)	Y(I)	K(I)
H2	.73017E-01	.60881E-01	.73017E-01	259.71
CO	.56050E-04	.42757E-04	.56050E-04	283.84
CO2	.45191	.37456	.45191	261.40
H2O	.45966	.55275	.45966	180.50
N2	.15360E-01	.11764E-01	.15360E-01	282.71

BLOCK: EXP1 MODEL: COMPR

INLET STREAM: F20
OUTLET STREAM: F21
OUTLET WORK STREAM: WEX1
PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: EXP1 MODEL: COMPR (CONTINUED)

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
TOTAL BALANCE			
MOLE(KMOL/SEC)	.469916	.469916	.000000E+00
MASS(KG/SEC)	14.0193	14.0193	.000000E+00
ENTHALPY(WATT)	-.584944E+07	-.584944E+07	-.322522E-09

*** INPUT DATA ***

GAS PHASE CALCULATION

NO FLASH PERFORMED

TYPE : ISENTROPIC TURBINE

OUTLET PRESSURE N/SQM

180,000.

ISENTROPIC EFFICIENCY

0.72000

MECHANICAL EFFICIENCY

1.00000

*** RESULTS ***

INDICATED HORSEPOWER REQUIREMENT	WATT	-1,905,890.
BRAKE HORSEPOWER REQUIREMENT	WATT	-1,905,890.
NET WORK,	WATT	1,905,890.
ISENTROPIC HORSEPOWER REQUIREMENT	WATT	-2,647,070.
CALCULATED OUTLET TEMP	K	856.840
ISENTROPIC TEMPERATURE	K	810.156
OUTLET VAPOR FRACTION		1.00000

BLOCK: FCEV MODEL: RGIBBS

 INLET STREAM: F4
 OUTLET STREAM: S2A
 OUTLET HEAT STREAM: Q1
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

	IN	OUT	GENERATION	RELATIVE DIFF.
TOTAL BALANCE				
MOLE(KMOL/SEC)	.114404	.114404	-.461003E-15	-.265354E-16
MASS(KG/SEC)	2.28616	2.28618		-.111713E-04
ENTHALPY(WATT)	-.183488E+08	-.183488E+08		.000000E+00

*** INPUT DATA ***

EQUILIBRIUM SPECIFICATIONS:

ONLY CHEMICAL EQUILIBRIUM IS CONSIDERED, THE FLUID PHASE IS VAPOR

SYSTEM TEMPERATURE	K	873.00
TEMPERATURE FOR FREE ENERGY EVALUATION	K	873.00
SYSTEM PRESSURE DROP	N/SQM	.00000E+00

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: FCEV MODEL: RGIBBS (CONTINUED)

FLUID PHASE SPECIES IN PRODUCT LIST:
CO2 CO H2O H2 N2

ATOM MATRIX:

ELEMENT	H	C	N	O
H2	2.00	.00	.00	.00
CO	.00	1.00	.00	1.00
CO2	.00	1.00	.00	2.00
CH4	4.00	1.00	.00	.00
O2	.00	.00	.00	2.00
H2O	2.00	.00	.00	1.00
N2	.00	.00	2.00	.00

*** RESULTS ***

TEMPERATURE	K	873.00
PRESSURE	N/SQM	.39700E+06
HEAT DUTY	WATT	-.91963E+06
VAPOR FRACTION		1.0000
NUMBER OF FLUID PHASES		1

FLUID PHASE MOLE FRACTIONS:

PHASE	VAPOR
PHASE FRACTION	1.000000
PLACED IN STREAM	S2A
CO2	.2265276
CO	.7176653E-01
H2O	.3798840
H2	.3021548
N2	.1966707E-01

KMOL/SEC .1144044

BLOCK: H1CH MODEL: HEATER

 INLET STREAM: F24
 OUTLET STREAM: F24A
 OUTLET HEAT STREAM: QH1CH
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
TOTAL BALANCE			
MOLE(KMOL/SEC)	.766028E-01	.766028E-01	.000000E+00
MASS(KG/SEC)	1.38000	1.38000	.000000E+00
ENTHALPY(WATT)	-.221733E+08	-.221733E+08	.000000E+00

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: H1CH MODEL: HEATER (CONTINUED)

*** INPUT DATA ***

TWO PHASE TP FLASH		
SPECIFIED TEMPERATURE	K	420.000
PRESSURE DROP	N/SQM	0.0
MAXIMUM NO. ITERATIONS		30
CONVERGENCE TOLERANCE		0.00010000

*** RESULTS ***

OUTLET TEMPERATURE	K	420.00
OUTLET PRESSURE	N/SQM	.41800E+06
HEAT DUTY	WATT	.39340E+07
VAPOR FRACTION		1.0000

V-L PHASE EQUILIBRIUM :

COMP	F(I)	X(I)	Y(I)	K(I)
H2O	1.0000	1.0000	1.0000	1.0147

BLOCK: H1HC MODEL: HEATER

INLET STREAM: F7
 OUTLET STREAM: F7A
 OUTLET HEAT STREAM: QH1HC
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
TOTAL BALANCE			
MOLE (KMOL/SEC)	.146481	.146481	.000000E+00
MASS (KG/SEC)	4.21115	4.21115	.000000E+00
ENTHALPY (WATT)	-.412412E+08	-.412412E+08	-.180659E-15

*** INPUT DATA ***

TWO PHASE TP FLASH		
SPECIFIED TEMPERATURE	K	325.000
PRESSURE DROP	N/SQM	15,000.0
MAXIMUM NO. ITERATIONS		30
CONVERGENCE TOLERANCE		0.00010000

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: H1HC MODEL: HEATER (CONTINUED)

*** RESULTS ***

OUTLET TEMPERATURE	K	325.00
OUTLET PRESSURE	N/SQM	.33300E+06
HEAT DUTY	WATT	-.39325E+07
VAPOR FRACTION		.55887

V-L PHASE EQUILIBRIUM :

COMP	F(I)	X(I)	Y(I)	K(I)
H2	.72511E-01	.91197E-07	.12974	.14227E+07
CO	.53401E-03	.39667E-09	.95552E-03	.24088E+07
CO2	.45143	.19766E-03	.80759	4085.8
CH4	.72048E-05	.51745E-10	.12892E-04	.24914E+06
H2O	.46016	.99980	.34208E-01	.34215E-01
N2	.15360E-01	.10551E-07	.27484E-01	.26050E+07

BLOCK: H2CH MODEL: HEATER

INLET STREAM: F3
 OUTLET STREAM: F4
 OUTLET HEAT STREAM: QH2CH
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
TOTAL BALANCE			
MOLE(KMOL/SEC)	.114404	.114404	.000000E+00
MASS(KG/SEC)	2.28616	2.28616	.000000E+00
ENTHALPY(WATT)	-.199246E+08	-.199246E+08	.000000E+00

*** INPUT DATA ***

TWO PHASE TP FLASH
 SPECIFIED TEMPERATURE K 873.000
 PRESSURE DROP N/SQM 18,000.0
 MAXIMUM NO. ITERATIONS 30
 CONVERGENCE TOLERANCE 0.00010000

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: H2CH MODEL: HEATER (CONTINUED)

*** RESULTS ***

OUTLET TEMPERATURE	K	873.00
OUTLET PRESSURE	N/SQM	.39700E+06
HEAT DUTY	WATT	.15757E+07
VAPOR FRACTION		1.0000

V-L PHASE EQUILIBRIUM :

COMP	F(I)	X(I)	Y(I)	K(I)
H2	.78915E-01	.52656E-01	.78915E-01	257.58
CO	.29501	.18020	.29501	281.34
CO2	.32881E-02	.23812E-02	.32881E-02	237.86
H2O	.60312	.75272	.60312	138.81
N2	.19667E-01	.12039E-01	.19667E-01	280.72

BLOCK: H2H3HC MODEL: HEATER

INLET STREAM: F5
 OUTLET STREAM: F6
 OUTLET HEAT STREAM: QH2H3HC
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
TOTAL BALANCE			
MOLE(KMOL/SEC)	.146481	.146481	.000000E+00
MASS(KG/SEC)	4.21115	4.21115	.000000E+00
ENTHALPY(WATT)	-.381768E+08	-.381768E+08	.195160E-15

*** INPUT DATA ***

TWO PHASE TP FLASH

SPECIFIED TEMPERATURE	K	480.000
PRESSURE DROP	N/SQM	24,000.0
MAXIMUM NO. ITERATIONS		30
CONVERGENCE TOLERANCE		0.00010000

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: H2H3HC MODEL: HEATER (CONTINUED)

*** RESULTS ***

OUTLET TEMPERATURE	K	480.00
OUTLET PRESSURE	N/SQM	.37300E+06
HEAT DUTY	WATT	-.30644E+07
VAPOR FRACTION		1.0000

V-L PHASE EQUILIBRIUM :

COMP	F(I)	X(I)	Y(I)	K(I)
H2	.46344E-01	.24544E-04	.46344E-01	17452.
CO	.26701E-01	.88190E-05	.26701E-01	27978.
CO2	.42526	.28725E-02	.42526	1368.4
CH4	.72048E-05	.88294E-08	.72048E-05	7541.1
H2O	.48633	.99709	.48633	4.5117
N2	.15360E-01	.49121E-05	.15360E-01	28896.

BLOCK: H2SEP MODEL: SEP2

INLET STREAM: F8
 OUTLET STREAMS: F9 F26
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
TOTAL BALANCE			
MOLE(KMOL/SEC)	.818645E-01	.818645E-01	.000000E+00
MASS(KG/SEC)	3.04674	3.04674	.145759E-15
ENTHALPY(WATT)	-.266477E+08	-.266470E+08	-.278026E-04

*** INPUT DATA ***

FLASH SPECS FOR STREAM F9

TWO PHASE TP FLASH
 SPECIFIED PRESSURE N/SQM 275,000.
 MAXIMUM NO. ITERATIONS 30
 CONVERGENCE TOLERANCE 0.100000-04

FLASH SPECS FOR STREAM F26

ONE PHASE TP FLASH SPECIFIED PHASE IS VAPOR
 SPECIFIED PRESSURE N/SQM 250,000.
 MAXIMUM NO. ITERATIONS 30
 CONVERGENCE TOLERANCE 0.100000-04

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: H2SEP MODEL: SEP2 (CONTINUED)

SPLIT FRACTION

SUBSTREAM= MIXED

STREAM= F9	CPT= H2	FRACTION=	0.15000
STREAM= F26	CPT= CO	FRACTION=	0.0
	CH4		0.0
	O2		0.0
	H2O		0.0
	N2		0.0

MOLE FRACTION

SUBSTREAM= MIXED

STREAM= F26	CPT= H2	FRACTION=	0.96000
-------------	---------	-----------	---------

*** RESULTS ***

STREAM= F9	SUBSTREAM= MIXED	
COMPONENT = H2	SPLIT FRACTION =	0.15000
COMPONENT = CO	SPLIT FRACTION =	1.00000
COMPONENT = CO2	SPLIT FRACTION =	0.99431
COMPONENT = CH4	SPLIT FRACTION =	1.00000
COMPONENT = H2O	SPLIT FRACTION =	1.00000
COMPONENT = N2	SPLIT FRACTION =	1.00000

STREAM= F26	SUBSTREAM= MIXED	
COMPONENT = H2	SPLIT FRACTION =	0.85000
COMPONENT = CO2	SPLIT FRACTION =	0.0056899

BLOCK: H3H4CH MODEL: HEATER

INLET STREAM:	F13	
OUTLET STREAM:	F14	
OUTLET HEAT STREAM:	QH3H4CH	
PROPERTY OPTION SET:	SYSOP3	REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
TOTAL BALANCE			
MOLE(KMOL/SEC)	.518860	.518860	.000000E+00
MASS(KG/SEC)	15.9443	15.9443	.000000E+00
ENTHALPY(WATT)	-.256739E+08	-.256739E+08	-.145100E-15

*** INPUT DATA ***

TWO PHASE TP FLASH		
SPECIFIED TEMPERATURE	K	681.682
PRESSURE DROP	N/SQM	2,000.00
MAXIMUM NO. ITERATIONS		30
CONVERGENCE TOLERANCE		0.00010000

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: H3H4CH MODEL: HEATER (CONTINUED)

*** RESULTS ***

OUTLET TEMPERATURE	K	681.68
OUTLET PRESSURE	N/SQM	.42000E+06
HEAT DUTY	WATT	.36912E+07
VAPOR FRACTION		1.0000

V-L PHASE EQUILIBRIUM :

COMP	F(I)	X(I)	Y(I)	K(I)
H2	.30706E-02	.32296E-02	.30706E-02	155.80
CO	.15076E-03	.14743E-03	.15076E-03	167.58
CO2	.13530	.13925	.13530	159.24
CH4	.20340E-05	.20255E-05	.20340E-05	164.57
O2	.17207	.17935	.17207	157.23
H2O	.53973E-02	.68130E-02	.53973E-02	129.84
N2	.68401	.67122	.68401	167.00

BLOCK: H4HC MODEL: HEATER

INLET STREAM: F21
 OUTLET STREAM: F22
 OUTLET HEAT STREAM: QH4
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
TOTAL BALANCE			
MOLE(KMOL/SEC)	.469916	.469916	.000000E+00
MASS(KG/SEC)	14.0193	14.0193	.000000E+00
ENTHALPY(WATT)	-.775533E+07	-.775533E+07	.240176E-15

*** INPUT DATA ***

TWO PHASE TP FLASH

SPECIFIED TEMPERATURE	K	716.240
PRESSURE DROP	N/SQM	77,000.0
MAXIMUM NO. ITERATIONS		30
CONVERGENCE TOLERANCE		0.00010000

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: H4HC MODEL: HEATER (CONTINUED)

*** RESULTS ***

OUTLET TEMPERATURE	K	716.24
OUTLET PRESSURE	N/SQM	.10300E+06
HEAT DUTY	WATT	-.22086E+07
VAPOR FRACTION		1.0000

V-L PHASE EQUILIBRIUM :

COMP	F(I)	X(I)	Y(I)	K(I)
H2	.33904E-04	.36009E-04	.33904E-04	672.18
CO	.16646E-05	.16355E-05	.16646E-05	726.60
CO2	.81292E-01	.82511E-01	.81292E-01	703.37
CH4	.22459E-07	.22244E-07	.22459E-07	720.80
O2	.15410	.16098	.15410	683.39
H2O	.93204E-02	.11319E-01	.93204E-02	587.89
N2	.75525	.74515	.75525	723.58

BLOCK: HX1B MODEL: HEATER

INLET STREAM: S9
 INLET HEAT STREAM: QIN
 OUTLET STREAM: F17
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
TOTAL BALANCE			
MOLE(KMOL/SEC)	1.24778	1.24778	.000000E+00
MASS(KG/SEC)	37.2258	37.2258	.000000E+00
ENTHALPY(WATT)	-.155312E+08	-.155312E+08	-.284941E-06

*** INPUT DATA ***

ONE PHASE PQ FLASH	SPECIFIED PHASE IS	VAPOR
PRESSURE DROP	N/SQM	15,000.0
SPECIFIED HEAT DUTY	WATT	0.0
MAXIMUM NO. ITERATIONS		100
CONVERGENCE TOLERANCE		0.00010000

*** RESULTS ***

OUTLET TEMPERATURE	K	974.74
OUTLET PRESSURE	N/SQM	.38500E+06

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: MIX1 MODEL: MIXER

 INLET STREAMS: F2 F27 F25
 OUTLET STREAM: F3
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***
 IN OUT

TOTAL BALANCE	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
MOLE(KMOL/SEC)	.114404	.114404	.000000E+00
MASS(KG/SEC)	2.28616	2.28616	.000000E+00
ENTHALPY(WATT)	-.199246E+08	-.199246E+08	.886268E-08

*** INPUT DATA ***

TWO PHASE FLASH
 MAXIMUM NO. ITERATIONS 30
 CONVERGENCE TOLERANCE 0.00010000
 OUTLET PRESSURE N/SQM 415,000.

BLOCK: MIX2 MODEL: MIXER

 INLET STREAMS: F11 F9
 OUTLET STREAM: F12
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***
 IN OUT

TOTAL BALANCE	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
MOLE(KMOL/SEC)	.518860	.518860	.000000E+00
MASS(KG/SEC)	15.9443	15.9443	-.111410E-15
ENTHALPY(WATT)	-.267554E+08	-.267554E+08	.136980E-06

*** INPUT DATA ***

ONE PHASE FLASH SPECIFIED PHASE IS VAPOR
 MAXIMUM NO. ITERATIONS 30
 CONVERGENCE TOLERANCE 0.00010000
 OUTLET PRESSURE N/SQM 275,000.

BLOCK: MIX3 MODEL: MIXER

 INLET STREAMS: F15 F19
 OUTLET STREAM: F16
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: MIX3 MODEL: MIXER (CONTINUED)

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
TOTAL BALANCE			
MOLE(KMOL/SEC)	1.29590	1.29590	.000000E+00
MASS(KG/SEC)	39.1508	39.1508	.000000E+00
ENTHALPY(WATT)	-.313621E+08	-.313621E+08	-.788038E-08

*** INPUT DATA ***

ONE PHASE FLASH SPECIFIED PHASE IS VAPOR
 MAXIMUM NO. ITERATIONS 30
 CONVERGENCE TOLERANCE 0.00010000
 OUTLET PRESSURE N/SQM 400,000.

BLOCK: MIXHE MODEL: MIXER

 INLET STREAMS: Q1 Q2 Q4 Q5
 OUTLET STREAM: QIN
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
TOTAL BALANCE			
ENTHALPY(WATT)	.434889E+07	.434889E+07	.000000E+00

BLOCK: PU MODEL: FSPLIT

 INLET STREAM: F17
 OUTLET STREAMS: F20 F18
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
TOTAL BALANCE			
MOLE(KMOL/SEC)	1.24778	1.24778	-.373698E-14
MASS(KG/SEC)	37.2258	37.2258	-.515359E-14
ENTHALPY(WATT)	-.155312E+08	-.155322E+08	.642498E-04

*** INPUT DATA ***

FRACTION OF FLOW STRM=F18 FRAC= 0.62340

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: PU MODEL: FSPLIT (CONTINUED)

*** RESULTS ***

STREAM= F20 SPLIT= 0.37660 KEY= 0
 F18 0.62340 0

BLOCK: RAD MODEL: FSPLIT

 INLET STREAM: Q3
 OUTLET STREAMS: Q5 Q6
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
TOTAL BALANCE			
ENTHALPY(WATT)	.726710E+07	.726710E+07	-.128156E-15

*** INPUT DATA ***

FRACTION OF FLOW STRM=Q5 FRAC= 0.45000

*** RESULTS ***

STREAM= Q5 SPLIT= 0.45000
 Q6 0.55000

BLOCK: RBURN MODEL: RSTOIC

 INLET STREAM: F14
 OUTLET STREAM: F15
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

	IN	OUT	GENERATION	RELATIVE DIFF.
TOTAL BALANCE				
MOLE(KMOL/SEC)	.518860	.518033	-.827365E-03	.894342E-16
MASS(KG/SEC)	15.9443	15.9443		.470996E-07
ENTHALPY(WATT)	-.219827E+08	-.219827E+08		-.470996E-07

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: RBURN MODEL: RSTOIC (CONTINUED)

*** INPUT DATA ***

SIMULTANEOUS REACTIONS
STOICHIOMETRY MATRIX:

REACTION #	1:						
SUBSTREAM MIXED	:						
CO2	1.00	CH4	-1.00	O2	-2.00	H2O	2.00
REACTION #	2:						
SUBSTREAM MIXED	:						
H2	-2.00	O2	-1.00	H2O	2.00		
REACTION #	3:						
SUBSTREAM MIXED	:						
CO	-2.00	CO2	2.00	O2	-1.00		

REACTION CONVERSION SPECS: NUMBER= 3

REACTION #	1:		
SUBSTREAM:MIXED	KEY COMP:CH4	CONV FRAC:	.9900
REACTION #	2:		
SUBSTREAM:MIXED	KEY COMP:H2	CONV FRAC:	.9900
REACTION #	3:		
SUBSTREAM:MIXED	KEY COMP:CO	CONV FRAC:	.9900

ONE PHASE PQ FLASH SPECIFIED PHASE IS VAPOR	
PRESSURE DROP N/SQM	20,000.0
SPECIFIED HEAT DUTY WATT	0.0
MAXIMUM NO. ITERATIONS	30
CONVERGENCE TOLERANCE	0.00010000

*** RESULTS ***

OUTLET TEMPERATURE	K	705.16
OUTLET PRESSURE	N/SQM	.40000E+06

BLOCK: RSHIFT MODEL: RSTOIC

INLET STREAM:	F6
OUTLET STREAM:	F7
PROPERTY OPTION SET:	SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: RSHIFT MODEL: RSTOIC (CONTINUED)

	*** MASS AND ENERGY BALANCE ***		*** GENERATION RELATIVE DIFF. ***	
	IN	OUT	GENERATION	RELATIVE DIFF.
TOTAL BALANCE				
MOLE(KMOL/SEC)	.146481	.146481	.000000E+00	.000000E+00
MASS(KG/SEC)	4.21115	4.21115		-.910187E-06
ENTHALPY(WATT)	-.412412E+08	-.412412E+08		.840640E-06

*** INPUT DATA ***

SIMULTANEOUS REACTIONS
STOICHIOMETRY MATRIX:

REACTION #	1:							
SUBSTREAM MIXED :								
H2	1.00	CO	-1.00	CO2	1.00	H2O	-1.00	

REACTION CONVERSION SPECS: NUMBER= 1
REACTION # 1:
SUBSTREAM:MIXED KEY COMP:CO CONV FRAC: .9800

TWO PHASE PQ FLASH	
PRESSURE DROP	N/SQM 25,000.0
SPECIFIED HEAT DUTY	WATT 0.0
MAXIMUM NO. ITERATIONS	30
CONVERGENCE TOLERANCE	0.00010000

*** RESULTS ***

OUTLET TEMPERATURE	K	506.50
OUTLET PRESSURE	N/SQM	.34800E+06
VAPOR FRACTION		1.0000

V-L PHASE EQUILIBRIUM :

COMP	F(I)	X(I)	Y(I)	K(I)
H2	.72511E-01	.12087E-06	.72511E-01	10456.
CO	.53401E-03	.51229E-09	.53401E-03	15764.
CO2	.45143	.74735E-04	.45143	1149.7
CH4	.72048E-05	.48202E-10	.72048E-05	4882.0
H2O	.46016	.99993	.46016	7.7387
N2	.15360E-01	.13872E-07	.15360E-01	16221.

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: SEP1 MODEL: SEP2

 INLET STREAM: F16
 OUTLET STREAMS: S4 S9
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

TOTAL BALANCE	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
MOLE(KMOL/SEC)	1.29590	1.29590	.171344E-15
MASS(KG/SEC)	39.1508	39.1508	.000000E+00
ENTHALPY(WATT)	-.313621E+08	-.313622E+08	.509576E-05

*** INPUT DATA ***

FLASH SPECS FOR STREAM S4
 TWO PHASE TP FLASH
 PRESSURE DROP N/SQM 0.0
 MAXIMUM NO. ITERATIONS 30
 CONVERGENCE TOLERANCE 0.00010000

FLASH SPECS FOR STREAM S9
 TWO PHASE TP FLASH
 PRESSURE DROP N/SQM 0.0
 MAXIMUM NO. ITERATIONS 30
 CONVERGENCE TOLERANCE 0.00010000

SUBSTREAM MOLE FLOW (KMOL/SEC)
 SUBSTREAM= MIXED
 STREAM= S4 FLOW= 0.048116

MOLE FLOW (KMOL/SEC)
 SUBSTREAM= MIXED
 STREAM= S4 CPT= H2 FLOW= 0.0
 CO 0.0
 CH4 0.0
 H2O 0.0
 N2 0.0

MOLE FRACTION
 SUBSTREAM= MIXED
 STREAM= S4 CPT= CO2 FRACTION= 0.66670

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: SEP1 MODEL: SEP2 (CONTINUED)

*** RESULTS ***

STREAM= S4	SUBSTREAM= MIXED		
COMPONENT = CO2	SPLIT FRACTION =	0.24027	
COMPONENT = O2	SPLIT FRACTION =	0.076984	
STREAM= S9	SUBSTREAM= MIXED		
COMPONENT = H2	SPLIT FRACTION =	1.00000	
COMPONENT = CO	SPLIT FRACTION =	1.00000	
COMPONENT = CO2	SPLIT FRACTION =	0.75973	
COMPONENT = CH4	SPLIT FRACTION =	1.00000	
COMPONENT = O2	SPLIT FRACTION =	0.92302	
COMPONENT = H2O	SPLIT FRACTION =	1.00000	
COMPONENT = N2	SPLIT FRACTION =	1.00000	

BLOCK: SHIFT1 MODEL: RSTOIC

 INLET STREAM: S2A
 OUTLET STREAM: S3
 OUTLET HEAT STREAM: Q2
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

	*** MASS AND ENERGY BALANCE ***			
	IN	OUT	GENERATION	RELATIVE DIFF.
TOTAL BALANCE				
MOLE(KMOL/SEC)	.114404	.114404	.000000E+00	.000000E+00
MASS(KG/SEC)	2.28618	2.28619		-.358771E-05
ENTHALPY(WATT)	-.192685E+08	-.192686E+08		.358771E-05

*** INPUT DATA ***

SIMULTANEOUS REACTIONS
 STOICHIOMETRY MATRIX:

REACTION # 1:							
SUBSTREAM MIXED :							
H2	1.00	CO	-1.00	CO2	1.00	H2O	-1.00

REACTION CONVERSION SPECS: NUMBER= 1
 REACTION # 1:
 SUBSTREAM:MIXED KEY COMP:CO CONV FRAC: .9990

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: SHIFT1 MODEL: RSTOIC (CONTINUED)

TWO PHASE TP FLASH
 SPECIFIED TEMPERATURE K 873.000
 PRESSURE DROP N/SQM 0.0
 MAXIMUM NO. ITERATIONS 30
 CONVERGENCE TOLERANCE 0.00010000

*** RESULTS ***

OUTLET TEMPERATURE K 873.00
 OUTLET PRESSURE N/SQM .39700E+06
 HEAT DUTY WATT -.29534E+06
 VAPOR FRACTION 1.0000

V-L PHASE EQUILIBRIUM :

COMP	F(I)	X(I)	Y(I)	K(I)
H2	.37385	.32411	.37385	252.74
CO	.71767E-04	.56892E-04	.71767E-04	276.45
CO2	.29822	.26201	.29822	250.13
H2O	.30819	.39818	.30819	171.16
N2	.19667E-01	.15646E-01	.19667E-01	275.45

BLOCK: SHIFT2 MODEL: RGIBBS

 INLET STREAM: S5
 OUTLET STREAM: F5
 OUTLET HEAT STREAM: Q4
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

	IN	OUT	GENERATION	RELATIVE DIFF.
TOTAL BALANCE				
MOLE(KMOL/SEC)	.146484	.146481	-.211073E-05	.165794E-15
MASS(KG/SEC)	4.21115	4.21115		.927064E-06
ENTHALPY(WATT)	-.383131E+08	-.383131E+08		.000000E+00

*** INPUT DATA ***

EQUILIBRIUM SPECIFICATIONS:

ONLY CHEMICAL EQUILIBRIUM IS CONSIDERED, THE FLUID PHASE IS VAPOR
 SYSTEM TEMPERATURE K 973.00
 TEMPERATURE FOR FREE ENERGY EVALUATION K 973.00
 SYSTEM PRESSURE DROP N/SQM .000000E+00

FLUID PHASE SPECIES IN PRODUCT LIST:

H2 CO CO2 CH4 O2 H2O N2

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: SHIFT2 MODEL: RGIBBS (CONTINUED)

ATOM MATRIX:

ELEMENT	H	C	N	O
H2	2.00	.00	.00	.00
CO	.00	1.00	.00	1.00
CO2	.00	1.00	.00	2.00
CH4	4.00	1.00	.00	.00
O2	.00	.00	.00	2.00
H2O	2.00	.00	.00	1.00
N2	.00	.00	2.00	.00

*** RESULTS ***

TEMPERATURE	K	973.00
PRESSURE	N/SQM	.39700E+06
HEAT DUTY	WATT	.13627E+06
VAPOR FRACTION		1.0000
NUMBER OF FLUID PHASES		1

FLUID PHASE MOLE FRACTIONS:

PHASE	VAPOR
PHASE FRACTION	1.000000
PLACED IN STREAM	F5
H2	.4634407E-01
CO	.2670072E-01
CO2	.4252627
CH4	.7204780E-05
O2	.3772783E-19
H2O	.4863250
N2	.1536031E-01

KMOL/SEC .1464815

BLOCK: SPL MODEL: FSPLIT

 INLET STREAM: F24A
 OUTLET STREAMS: F28 F25
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

TOTAL BALANCE	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
MOLE (KMOL/SEC)	.766028E-01	.766028E-01	.000000E+00
MASS (KG/SEC)	1.38000	1.38000	-.160902E-15
ENTHALPY (WATT)	-.182393E+08	-.182393E+08	.000000E+00

*** INPUT DATA ***

MOLE-FLOW (KMOL/SEC) STRM=F25 FLOW= 0.067500 KEY= 0

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: SPL MODEL: FSPLIT (CONTINUED)

*** RESULTS ***

STREAM= F28	SPLIT=	0.11883	KEY= 0
F25		0.88117	0

STREAM SECTION

F1 F10 F11 F12 F13

STREAM ID	F1	F10	F11	F12	F13
FROM :	----	----	COMP3	MIX2	COMP4
TO :	COMP1	COMP3	MIX2	COMP4	H3H4CH
SUBSTREAM: MIXED					
PHASE:	VAPOR	VAPOR	VAPOR	VAPOR	VAPOR
COMPONENTS: KMOL/SEC					
H2	0.0	0.0	0.0	1.5932-03	1.5932-03
CO	3.3750-02	0.0	0.0	7.8223-05	7.8223-05
CO2	0.0	4.4640-03	4.4640-03	7.0201-02	7.0201-02
CH4	0.0	0.0	0.0	1.0554-06	1.0554-06
O2	0.0	8.9280-02	8.9280-02	8.9280-02	8.9280-02
H2O	1.5000-03	0.0	0.0	2.8004-03	2.8004-03
N2	2.2500-03	0.3526	0.3526	0.3549	0.3549
TOTAL FLOW:					
KMOL/SEC	3.7500-02	0.4464	0.4464	0.5188	0.5188
KG/SEC	1.0353	12.9322	12.9322	15.9442	15.9442
CUM/SEC	1.1632	10.5018	5.5826	6.2388	4.7495
STATE VARIABLES:					
TEMP K	373.0000	283.0000	413.1264	397.4166	463.8346
PRES N/SQM	1.0000+05	1.0000+05	2.7500+05	2.7500+05	4.2200+05
VFRAC	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
LFRAC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SFRAC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ENTHALPY:					
J/KMOL	-1.0704+08	-4.3889+06	-5.5829+05	-5.1566+07	-4.9481+07
J/KG	-3.8767+06	-1.5150+05	-1.9271+04	-1.6781+06	-1.6102+06
WATT	-4.0139+06	-1.9592+06	-2.4922+05	-2.6755+07	-2.5674+07
ENTROPY:					
J/KMOL-K	8.8928+04	3193.8820	5910.8443	7968.6346	9252.4894
J/KG-K	3220.8107	110.2472	204.0320	259.3160	301.0953
DENSITY:					
KMOL/CUM	3.2236-02	4.2507-02	7.9961-02	8.3167-02	0.1092
KG/CUM	0.8900	1.2314	2.3165	2.5556	3.3569
AVG MW	27.6103	28.9701	28.9701	30.7294	30.7294

STREAM SECTION

F14 F15 F16 F17 F18

STREAM ID	F14	F15	F16	F17	F18
FROM :	I3H4CH	RBURN	MIX3	HX1B	PU
TO :	RBURN	MIX3	SEP1	PU	COMP5
SUBSTREAM: MIXED					
PHASE:	VAPOR	VAPOR	VAPOR	VAPOR	VAPOR
COMPONENTS: KMOL/SEC					
H2	1.5932-03	1.5932-05	4.2305-05	4.2305-05	2.6373-05
CO	7.8223-05	7.8223-07	2.0771-06	2.0771-06	1.2948-06
CO2	7.0201-02	7.0280-02	0.1335	0.1014	6.3234-02
CH4	1.0554-06	1.0554-08	2.8023-08	2.8023-08	1.7470-08
O2	8.9280-02	8.8451-02	0.2083	0.1922	0.1198
H2O	2.8004-03	4.3798-03	1.1630-02	1.1630-02	7.2500-03
N2	0.3549	0.3549	0.9423	0.9423	0.5874
TOTAL FLOW:					
KMOL/SEC	0.5188	0.5180	1.2959	1.2477	0.7778
KG/SEC	15.9442	15.9442	39.1507	37.2257	23.2065
CUM/SEC	7.0141	7.6054	23.5617	26.2983	16.3941
STATE VARIABLES:					
TEMP K	681.6817	705.1608	873.4879	974.7389	974.7289
PRES N/SQM	4.2000+05	4.0000+05	4.0000+05	3.8500+05	3.8500+05
VFRAC	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
LFRAC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SFRAC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ENTHALPY:					
J/KMOL	-4.2367+07	-4.2435+07	-2.4201+07	-1.2447+07	-1.2448+07
J/KG	-1.3787+06	-1.3787+06	-8.0106+05	-4.1722+05	-4.1724+05
WATT	-2.1983+07	-2.1983+07	-3.1362+07	-1.5531+07	-9.6827+06
ENTROPY:					
J/KMOL-K	2.1843+04	2.3195+04	2.9347+04	3.2552+04	3.2552+04
J/KG-K	710.8017	753.6089	971.3912	1091.1260	1091.1141
DENSITY:					
KMOL/CUM	7.3973-02	6.8113-02	5.5000-02	4.7447-02	4.7448-02
KG/CUM	2.2731	2.0964	1.6616	1.4155	1.4155
AVG MW	30.7294	30.7785	30.2113	29.8336	29.8336

STREAM SECTION

F19 F2 F20 F21 F22

STREAM ID	F19	F2	F20	F21	F22
FROM :	COMP5	COMP1	PU	EXP1	H4HC
TO :	MIX3	MIX1	EXP1	H4HC	----
SUBSTREAM: MIXED					
PHASE:	VAPOR	VAPOR	VAPOR	VAPOR	VAPOR
COMPONENTS: KMOL/SEC					
H2	2.6373-05	0.0	1.5932-05	1.5932-05	1.5932-05
CO	1.2948-06	3.3750-02	7.8223-07	7.8223-07	7.8223-07
CO2	6.3234-02	0.0	3.8200-02	3.8200-02	3.8200-02
CH4	1.7470-08	0.0	1.0554-08	1.0554-08	1.0554-08
O2	0.1198	0.0	7.2413-02	7.2413-02	7.2413-02
H2O	7.2500-03	1.5000-03	4.3798-03	4.3798-03	4.3798-03
N2	0.5874	2.2500-03	0.3549	0.3549	0.3549
TOTAL FLOW:					
KMOL/SEC	0.7778	3.7500-02	0.4699	0.4699	0.4699
KG/SEC	23.2065	1.0353	14.0193	14.0193	14.0193
CUM/SEC	15.9611	0.4692	9.9039	18.6104	27.1803
STATE VARIABLES:					
TEMP K	985.9207	623.4281	974.7289	856.8402	716.2400
PRES N/SQM	4.0000+05	4.1500+05	3.8500+05	1.8000+05	1.0300+05
VFRAC	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
LFRAC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SFRAC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ENTHALPY:					
J/KMOL	-1.2058+07	-9.9499+07	-1.2448+07	-1.6504+07	-2.1204+07
J/KG	-4.0417+05	-3.6037+06	-4.1724+05	-5.5319+05	-7.1073+05
WATT	-9.3793+06	-3.7312+06	-5.8494+06	-7.7553+06	-9.9639+06
ENTROPY:					
J/KMOL-K	3.2631+04	9.2515+04	3.2552+04	3.4445+04	3.3100+04
J/KG-K	1093.7691	3350.7359	1091.1141	1154.5574	1109.4807
DENSITY:					
KMOL/CUM	4.8735-02	7.9909-02	4.7448-02	2.5250-02	1.7289-02
KG/CUM	1.4539	2.2063	1.4155	0.7533	0.5157
AVG MW	29.8336	27.6103	29.8336	29.8336	29.8336

STREAM SECTION

F23 F24 F24A F25 F26

STREAM ID	F23	F24	F24A	F25	F26
FROM :	2FSSCH	----	H1CH	SPL	H2SEP
TO :	----	H1CH	SPL	MIX1	COMP2
SUBSTREAM: MIXED					
PHASE:	LIQUID	LIQUID	VAPOR	VAPOR	VAPOR
COMPONENTS: KMOL/SEC					
H2	5.8929-09	0.0	0.0	0.0	9.0283-03
CO	2.5632-11	0.0	0.0	0.0	0.0
CO2	1.2772-05	0.0	0.0	0.0	3.7618-04
CH4	3.3436-12	0.0	0.0	0.0	0.0
O2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
H2O	6.4604-02	7.6603-02	7.6603-02	6.7500-02	0.0
N2	6.8174-10	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL FLOW:					
KMOL/SEC	6.4617-02	7.6603-02	7.6603-02	6.7500-02	9.4044-03
KG/SEC	1.1644	1.3800	1.3800	1.2160	3.4757-02
CUM/SEC	1.5730-03	1.8214-03	0.6236	0.5495	0.1017
STATE VARIABLES:					
TEMP K	325.0000	293.0000	420.0000	420.0000	325.0000
PRES N/SQM	3.3300+05	4.1800+05	4.1800+05	4.1800+05	2.5000+05
VFRAC	0.0	0.0	1.0000	1.0000	1.0000
LFRAC	1.0000	1.0000	0.0	0.0	0.0
SFRAC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ENTHALPY:					
J/KMOL	-2.8670+08	-2.8946+08	-2.3810+08	-2.3810+08	-1.4975+07
J/KG	-1.5910+07	-1.6068+07	-1.3217+07	-1.3217+07	-4.0519+06
WATT	-1.8526+07	-2.2173+07	-1.8239+07	-1.6072+07	-1.4083+05
ENTROPY:					
J/KMOL-K	-1.6328+05	-1.7231+05	-4.4892+04	-4.4892+04	-3515.0974
J/KG-K	-9061.2045	-9564.8833	-2491.9112	-2491.9112	-951.1162
DENSITY:					
KMOL/CUM	41.0776	42.0567	0.1228	0.1228	9.2390-02
KG/CUM	740.2254	757.6520	2.2128	2.2128	0.3414
AVG MW	18.0201	18.0150	18.0150	18.0150	3.6957

STREAM SECTION

F27 F28 F3 F4 F5

STREAM ID	F27	F28	F3	F4	F5
FROM :	COMP2	SPL	MIX1	H2CH	SHIFT2
TO :	MIX1	----	H2CH	FCEV	H2H3HC
SUBSTREAM: MIXED					
PHASE:	VAPOR	VAPOR	VAPOR	VAPOR	VAPOR
COMPONENTS: KMOL/SEC					
H2	9.0283-03	0.0	9.0283-03	9.0283-03	6.7885-03
CO	0.0	0.0	3.3750-02	3.3750-02	3.9112-03
CO2	3.7618-04	0.0	3.7618-04	3.7618-04	6.2293-02
CH4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0554-06
O2	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5264-21
H2O	0.0	9.1028-03	6.9000-02	6.9000-02	7.1238-02
N2	0.0	0.0	2.2500-03	2.2500-03	2.2500-03
TOTAL FLOW:					
KMOL/SEC	9.4044-03	9.1028-03	0.1144	0.1144	0.1464
KG/SEC	3.4757-02	0.1639	2.2861	2.2861	4.2111
CUM/SEC	7.4631-02	7.4106-02	1.0888	2.0919	2.9863
STATE VARIABLES:					
TEMP K	395.2746	420.0000	477.9922	873.0000	973.0000
PRES N/SQM	4.1500+05	4.1800+05	4.1500+05	3.9700+05	3.9700+05
VFRAC	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
LFRAC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SFRAC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ENTHALPY:					
J/KMOL	-1.2924+07	-2.3810+08	-1.7416+08	-1.6039+08	-2.6063+08
J/KG	-3.4971+06	-1.3217+07	-8.7153+06	-8.0261+06	-9.0656+06
WATT	-1.2155+05	-2.1674+06	-1.9925+07	-1.8349+07	-3.8177+07
ENTROPY:					
J/KMOL-K	-2025.2368	-4.4892+04	1.1087+04	3.2353+04	2.6071+04
J/KG-K	-547.9892	-2491.9112	554.8046	1619.0283	906.8641
DENSITY:					
KMOL/CUM	0.1260	0.1228	0.1050	5.4689-02	4.9051-02
KG/CUM	0.4657	2.2128	2.0996	1.0928	1.4101
AVG MW	3.6957	18.0150	19.9831	19.9831	28.7486

STREAM SECTION

F6 F7 F7A F8 F9

STREAM ID	F6	F7	F7A	F8	F9
FROM :	H2H3HC	RSHIFT	H1HC	2FSSCH	H2SEP
TO :	RSHIFT	H1HC	2FSSCH	H2SEP	MIX2
SUBSTREAM: MIXED					
PHASE:	VAPOR	VAPOR	MIXED	VAPOR	VAPOR
COMPONENTS: KMOL/SEC					
H2	6.7885-03	1.0621-02	1.0621-02	1.0621-02	1.5932-03
CO	3.9112-03	7.8223-05	7.8223-05	7.8223-05	7.8223-05
CO2	6.2293-02	6.6126-02	6.6126-02	6.6113-02	6.5737-02
CH4	1.0554-06	1.0554-06	1.0554-06	1.0554-06	1.0554-06
O2	5.5264-21	0.0	0.0	0.0	0.0
H2O	7.1238-02	6.7405-02	6.7405-02	2.8004-03	2.8004-03
N2	2.2500-03	2.2500-03	2.2500-03	2.2500-03	2.2500-03
TOTAL FLOW:					
KMOL/SEC	0.1464	0.1464	0.1464	8.1864-02	7.2460-02
KG/SEC	4.2111	4.2111	4.2111	3.0467	3.0119
CUM/SEC	1.5566	1.7640	0.6596	0.6581	0.7049
STATE VARIABLES:					
TEMP K	480.0000	506.4980	325.0000	325.0000	325.0000
PRES N/SQM	3.7300+05	3.4800+05	3.3300+05	3.3300+05	2.7500+05
VFRAC	1.0000	1.0000	0.5588	1.0000	1.0000
LFRAC	0.0	0.0	0.4411	0.0	0.0
SFRAC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ENTHALPY:					
J/KMOL	-2.8155+08	-2.8155+08	-3.0839+08	-3.2551+08	-3.6580+08
J/KG	-9.7933+06	-9.7933+06	-1.0727+07	-8.7463+06	-8.8002+06
WATT	-4.1241+07	-4.1241+07	-4.5174+07	-2.6648+07	-2.6506+07
ENTROPY:					
J/KMOL-K	-3105.4118	-1802.9910	-7.2339+04	-553.8833	-812.5460
J/KG-K	-108.0193	-62.7155	-2516.2411	-14.8825	-19.5475
DENSITY:					
KMOL/CUM	9.4100-02	8.3038-02	0.2220	0.1243	0.1027
KG/CUM	2.7052	2.3872	6.3835	4.6295	4.2726
AVG MW	28.7486	28.7487	28.7487	37.2169	41.5675

STREAM SECTION

S2A S3 S4 S5 S9

STREAM ID	S2A	S3	S4	S5	S9
FROM :	FCEV	SHIFT1	SEP1	CONV	SEP1
TO :	SHIFT1	CONV	CONV	SHIFT2	HX1B
SUBSTREAM: MIXED					
PHASE:	VAPOR	VAPOR	VAPOR	VAPOR	VAPOR
COMPONENTS: KMOL/SEC					
H2	3.4568-02	4.2770-02	0.0	1.0696-02	4.2305-05
CO	8.2104-03	8.2104-06	0.0	8.2104-06	2.0771-06
CO2	2.5916-02	3.4118-02	3.2079-02	6.6197-02	0.1014
CH4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8023-08
O2	0.0	0.0	1.6037-02	0.0	0.1922
H2O	4.3460-02	3.5258-02	0.0	6.7333-02	1.1630-02
N2	2.2500-03	2.2500-03	0.0	2.2500-03	0.9423
TOTAL FLOW:					
KMOL/SEC	0.1144	0.1144	4.8116-02	0.1464	1.2477
KG/SEC	2.2861	2.2861	1.9249	4.2111	37.2257
CUM/SEC	2.0929	2.0931	0.8747	2.9864	22.6869
STATE VARIABLES:					
TEMP K	873.0000	873.0000	873.4879	973.0000	873.4879
PRES N/SQM	3.9700+05	3.9700+05	4.0000+05	3.9700+05	4.0000+05
VFRAC	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
LFRAC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SFRAC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ENTHALPY:					
J/KMOL	-1.6842+08	-1.7101+08	-2.3863+08	-2.6155+08	-1.5932+07
J/KG	-8.4282+06	-8.5574+06	-5.9648+06	-9.0980+06	-5.3404+05
WATT	-1.9268+07	-1.9564+07	-1.1482+07	-3.8313+07	-1.9880+07
ENTROPY:					
J/KMOL-K	2.7933+04	2.4172+04	3.9311+04	2.4829+04	2.8459+04
J/KG-K	1397.8373	1209.6116	982.6106	863.6595	953.9372
DENSITY:					
KMOL/CUM	5.4663-02	5.4656-02	5.5008-02	4.9049-02	5.5000-02
KG/CUM	1.0923	1.0922	2.2006	1.4100	1.6408
AVG MW	19.9833	19.9834	40.0067	28.7482	29.8336

STREAM SECTION

Q1 Q2 Q3 Q4 Q5

STREAM ID	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
FROM :	FCEV	SHIFT1	CONV	SHIFT2	RAD
TO :	MIXHE	MIXHE	RAD	MIXHE	MIXHE
CLASS:	HEAT	HEAT	HEAT	HEAT	HEAT

STREAM ATTRIBUTES:

HEAT						
Q	WATT	9.1963+05	2.9534+05	7.2671+06	-1.3627+05	3.2702+06

STREAM SECTION

Q6 QH1CH QH1HC QH2CH QH2H3HC

STREAM ID	Q6	QH1CH	QH1HC	QH2CH	QH2H3HC
FROM :	RAD	H1CH	H1HC	H2CH	H2H3HC
TO :	----	----	----	----	----
CLASS:	HEAT	HEAT	HEAT	HEAT	HEAT

STREAM ATTRIBUTES:

HEAT						
Q	WATT	3.9969+06	-3.9340+06	3.9325+06	-1.5757+06	3.0644+06

STREAM SECTION

QH3H4CH QH4 QIN

STREAM ID	QH3H4CH	QH4	QIN
FROM :	H3H4CH	H4HC	MIXHE
TO :	----	----	HX1B
CLASS:	HEAT	HEAT	HEAT

STREAM ATTRIBUTES:

HEAT			
Q	WATT	-3.6912+06	2.2086+06 4.3489+06

STREAM SECTION

W1 W2 W3 W4 W5

STREAM ID	W1	W2	W3	W4	W5
FROM :	COMP1	COMP2	COMP3	COMP4	COMP5
TO :	----	----	----	----	----
CLASS:	WORK	WORK	WORK	WORK	WORK

STREAM ATTRIBUTES:

WORK						
P	WATT	2.8269+05	1.9286+04	1.7100+06	1.0814+06	3.0338+05

STREAM SECTION

WEX1

STREAM ID	WEX1
FROM :	EXPI
TO :	----
CLASS:	WORK

STREAM ATTRIBUTES:

WORK		
P	WATT	-1.9059+06



ASPEN PLUS(TM) IS A PROPRIETARY PRODUCT OF ASPEN TECHNOLOGY, INC. (ASPENTECH), AND MAY BE USED ONLY UNDER AGREEMENT WITH ASPENTECH. RESTRICTED RIGHTS LEGEND: USE, DUPLICATION, OR DISCLOSURE BY THE GOVERNMENT IS SUBJECT TO RESTRICTIONS AS SET FORTH IN DEAR AND DFAR 252-227-7013 (C)(1)(II) OF THE RIGHTS IN TECHNICAL DATA AND COMPUTER SOFTWARE CLAUSES OR OTHER SIMILAR REGULATIONS OF OTHER GOVERNMENTAL AGENCIES WHICH DESIGNATE SOFTWARE AND DOCUMENTATION AS PROPRIETARY.

TABLE OF CONTENTS

RUN CONTROL SECTION.....	1
RUN CONTROL INFORMATION.....	1
BLOCK STATUS.....	1
FLOWSHEET SECTION.....	2
FLOWSHEET CONNECTIVITY BY STREAMS.....	2
FLOWSHEET CONNECTIVITY BY BLOCKS.....	2
COMPUTATIONAL SEQUENCE.....	2
OVERALL FLOWSHEET BALANCE.....	2
PHYSICAL PROPERTIES SECTION.....	3
COMPONENTS.....	3
U-O-S BLOCK SECTION.....	4
BLOCK: HEX1 MODEL: HEATX.....	4
BLOCK: HEX2 MODEL: HEATX.....	5
BLOCK: HEX3 MODEL: HEATX.....	6
BLOCK: HEX4 MODEL: HEATX.....	7
BLOCK: WHB MODEL: HEATX.....	8
STREAM SECTION.....	10
F13 F13A F14 F21 F21A.....	10
F22 F24 F24A F3 F4.....	11
F5 F5A F6 F7 F7A.....	12
STE WAT.....	13

RUN CONTROL SECTION

RUN CONTROL INFORMATION

THIS VERSION OF ASPEN PLUS LICENSED TO Delft University of Technology

THE FOLLOWING LAYERED PRODUCTS HAVE BEEN INSTALLED:

RATEFRAC RELEASE 1.5-4 INSTALLED ON 07/21/92 AT 19:51:30:00

TYPE OF RUN: NEW

INPUT FILE NAME: test2.inp

OUTPUT PROBLEM DATA FILE NAME: wat VERSION NO. 1
LOCATED IN: /home/dutsh13/student/tervoort

PDF SIZE USED FOR INPUT TRANSLATION:
NUMBER OF FILE RECORDS (PSIZE) = 9999
NUMBER OF IN-CORE RECORDS = 400
PSIZE NEEDED FOR SIMULATION = 2000

CALLING PROGRAM NAME: apmod
LOCATED IN: /usr/local/lib/aspr85/aspplus

SIMULATION REQUESTED FOR ENTIRE FLOWSHEET

BLOCK STATUS

*
* ALL UNIT OPERATION BLOCKS WERE COMPLETED NORMALLY
*

FLWSHEET SECTION

FLWSHEET CONNECTIVITY BY STREAMS

STREAM	SOURCE	DEST	STREAM	SOURCE	DEST
F3	----	HEX2	F5	----	HEX2
F13	----	HEX3	F21	----	HEX4
F24	----	HEX1	F7	----	HEX1
WAT	----	WHB	F5A	HEX2	HEX3
F4	HEX2	----	F6	HEX3	----
F13A	HEX3	HEX4	F21A	HEX4	WHB
F14	HEX4	----	F7A	HEX1	----
F24A	HEX1	----	F22	WHB	----
STE	WHB	----			

FLWSHEET CONNECTIVITY BY BLOCKS

BLOCK	INLETS	OUTLETS
HEX2	F5 F3	F5A F4
HEX3	F5A F13	F6 F13A
HEX4	F21 F13A	F21A F14
HEX1	F7 F24	F7A F24A
WHB	F21A WAT	F22 STE

COMPUTATIONAL SEQUENCE

SEQUENCE USED WAS:
HEX1 HEX2 HEX3 HEX4 WHB

OVERALL FLWSHEET BALANCE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

CONVENTIONAL COMPONENTS (KMOL/SEC)	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
H2	.280573E-01	.280573E-01	.000000E+00
CO	.378070E-01	.378070E-01	.000000E+00
CO2	.237202	.237202	.000000E+00
CH4	.322209E-05	.322209E-05	.131442E-15
O2	.161693	.161693	.000000E+00
H2O	.380827	.380827	-.145765E-15
N2	.716562	.716562	-.154937E-15
TOTAL BALANCE			
MOLE (KMOL/SEC)	1.56215	1.56215	.000000E+00
MASS (KG/SEC)	43.6625	43.6625	.000000E+00
ENTHALPY (WATT)	-.180081E+09	-.180081E+09	.944357E-06

PHYSICAL PROPERTIES SECTION

COMPONENTS

ID	TYPE	FORMULA	NAME OR ALIAS	REPORT NAME
H2	C	H2	H2	H2
CO	C	CO	CO	CO
CO2	C	CO2	CO2	CO2
CH4	C	CH4	CH4	CH4
O2	C	O2	O2	O2
H2O	C	H2O	H2O	H2O
N2	C	N2	N2	N2

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: HEX1 MODEL: HEATX

HOT SIDE:

INLET STREAM: F7
 OUTLET STREAM: F7A
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

COLD SIDE:

INLET STREAM: F24
 OUTLET STREAM: F24A
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***
 IN OUT

TOTAL BALANCE	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
MOLE (KMOL/SEC)	.223084	.223084	.000000E+00
MASS (KG/SEC)	5.59114	5.59114	.000000E+00
ENTHALPY (WATT)	-.634146E+08	-.634146E+08	.396457E-07

*** INPUT DATA ***

FLASH SPECS FOR HOT SIDE:

TWO PHASE FLASH
 MAXIMUM NO. ITERATIONS 30
 CONVERGENCE TOLERANCE 0.00010000

FLASH SPECS FOR COLD SIDE:

TWO PHASE FLASH
 MAXIMUM NO. ITERATIONS 30
 CONVERGENCE TOLERANCE 0.00010000

COUNTERCURRENT HEAT EXCHANGER WITH SPECIFIED HOT OUTLET TEMPERATURE
 HOT STREAM OUTLET TEMPERATURE (K) 325.000
 HOT STREAM PRESSURE DROP (N/SQM) 15,000.0
 COLD STREAM PRESSURE DROP (N/SQM) 0.0
 OVERALL HEAT TRANSFER COEFFICIENT (WATT/SQM-K) 100.000

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: HEX1 MODEL: HEATX (CONTINUED)

*** RESULTS ***

HOT STREAM INLET TEMPERATURE (K)	506.495
HOT STREAM OUTLET TEMPERATURE (K)	325.000
COLD STREAM INLET TEMPERATURE (K)	293.000
COLD STREAM OUTLET TEMPERATURE (K)	419.820
EXCHANGER HEAT DUTY (WATT)	3,933,540.
HEAT TRANSFER AREA (SQM)	716.871

BLOCK: HEX2 MODEL: HEATX

HOT SIDE:

 INLET STREAM: F5
 OUTLET STREAM: F5A
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

COLD SIDE:

 INLET STREAM: F3
 OUTLET STREAM: F4
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
TOTAL BALANCE			
MOLE(KMOL/SEC)	.260857	.260857	.000000E+00
MASS(KG/SEC)	6.49664	6.49664	.000000E+00
ENTHALPY(WATT)	-.580983E+08	-.580983E+08	.500967E-08

*** INPUT DATA ***

FLASH SPECS FOR HOT SIDE:

TWO PHASE FLASH
 MAXIMUM NO. ITERATIONS 30
 CONVERGENCE TOLERANCE 0.00010000

FLASH SPECS FOR COLD SIDE:

TWO PHASE FLASH
 MAXIMUM NO. ITERATIONS 30
 CONVERGENCE TOLERANCE 0.00010000

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: HEX2 MODEL: HEATX (CONTINUED)

COUNTERCURRENT HEAT EXCHANGER WITH SPECIFIED COLD OUTLET TEMPERATURE
 COLD STREAM OUTLET TEMPERATURE (K) 873.000
 HOT STREAM PRESSURE DROP (N/SQM) 13,000.0
 COLD STREAM PRESSURE DROP (N/SQM) 18,000.0
 OVERALL HEAT TRANSFER COEFFICIENT (WATT/SQM-K) 50.0000

*** RESULTS ***

HOT STREAM INLET TEMPERATURE (K) 973.000
 HOT STREAM OUTLET TEMPERATURE (K) 728.933
 COLD STREAM INLET TEMPERATURE (K) 477.000
 COLD STREAM OUTLET TEMPERATURE (K) 873.000
 EXCHANGER HEAT DUTY (WATT) 1,579,600.
 HEAT TRANSFER AREA (SQM) 192.129

BLOCK: HEX3 MODEL: HEATX

 HOT SIDE:

INLET STREAM: F5A
 OUTLET STREAM: F6
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

COLD SIDE:

INLET STREAM: F13
 OUTLET STREAM: F13A
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
TOTAL BALANCE			
MOLE(KMOL/SEC)	.665276	.665276	.000000E+00
MASS(KG/SEC)	20.1541	20.1541	.000000E+00
ENTHALPY(WATT)	-.654157E+08	-.654159E+08	.248936E-05

*** INPUT DATA ***

FLASH SPECS FOR HOT SIDE:

TWO PHASE FLASH
 MAXIMUM NO. ITERATIONS 30
 CONVERGENCE TOLERANCE 0.00010000

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: HEX3 MODEL: HEATX (CONTINUED)

FLASH SPECS FOR COLD SIDE:

TWO PHASE FLASH
 MAXIMUM NO. ITERATIONS 30
 CONVERGENCE TOLERANCE 0.00010000

COUNTERCURRENT HEAT EXCHANGER WITH SPECIFIED HOT OUTLET TEMPERATURE
 HOT STREAM OUTLET TEMPERATURE (K) 480.000
 HOT STREAM PRESSURE DROP (N/SQM) 11,000.0
 COLD STREAM PRESSURE DROP (N/SQM) 1,000.00
 OVERALL HEAT TRANSFER COEFFICIENT (WATT/SQM-K) 50.0000

*** RESULTS ***

HOT STREAM INLET TEMPERATURE (K) 728.933
 HOT STREAM OUTLET TEMPERATURE (K) 480.000
 COLD STREAM INLET TEMPERATURE (K) 463.840
 COLD STREAM OUTLET TEMPERATURE (K) 552.964
 EXCHANGER HEAT DUTY (WATT) 1,484,360.
 HEAT TRANSFER AREA (SQM) 443.566

BLOCK: HEX4 MODEL: HEATX

 HOT SIDE:

INLET STREAM: F21
 OUTLET STREAM: F21A
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

COLD SIDE:

INLET STREAM: F13A
 OUTLET STREAM: F14
 PROPERTY OPTION SET: SYSOP3 REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
TOTAL BALANCE			
MOLE(KMOL/SEC)	.988711	.988711	.000000E+00
MASS(KG/SEC)	29.9624	29.9624	.000000E+00
ENTHALPY(WATT)	-.319306E+08	-.319306E+08	.135084E-06

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: HEX4 MODEL: HEATX (CONTINUED)

*** INPUT DATA ***

FLASH SPECS FOR HOT SIDE:

TWO PHASE FLASH	
MAXIMUM NO. ITERATIONS	30
CONVERGENCE TOLERANCE	0.00010000

FLASH SPECS FOR COLD SIDE:

TWO PHASE FLASH	
MAXIMUM NO. ITERATIONS	30
CONVERGENCE TOLERANCE	0.00010000

COUNTERCURRENT HEAT EXCHANGER WITH SPECIFIED COLD OUTLET TEMPERATURE	
COLD STREAM OUTLET TEMPERATURE (K)	681.660
HOT STREAM PRESSURE DROP (N/SQM)	62,000.0
COLD STREAM PRESSURE DROP (N/SQM)	1,000.00
OVERALL HEAT TRANSFER COEFFICIENT (WATT/SQM-K)	50.0000

*** RESULTS ***

HOT STREAM INLET TEMPERATURE (K)	856.839
HOT STREAM OUTLET TEMPERATURE (K)	716.372
COLD STREAM INLET TEMPERATURE (K)	552.964
COLD STREAM OUTLET TEMPERATURE (K)	681.660
EXCHANGER HEAT DUTY (WATT)	2,206,260.
HEAT TRANSFER AREA (SQM)	260.748

BLOCK: WHB MODEL: HEATX

HOT SIDE:

INLET STREAM:	F21A	
OUTLET STREAM:	F22	
PROPERTY OPTION SET:	SYSOP3	REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

COLD SIDE:

INLET STREAM:	WAT	
OUTLET STREAM:	STE	
PROPERTY OPTION SET:	SYSOP3	REDLICH-KWONG-SOAVE EQUATION OF STATE

U-O-S BLOCK SECTION

BLOCK: WHIB MODEL: HEATX (CONTINUED)

*** MASS AND ENERGY BALANCE ***

	IN	OUT	RELATIVE DIFF.
TOTAL BALANCE			
MOLE(KMOL/SEC)	.559386	.559386	.000000E+00
MASS(KG/SEC)	15.6311	15.6311	.000000E+00
ENTHALPY(WATT)	-.351080E+08	-.351080E+08	.281112E-08

*** INPUT DATA ***

FLASH SPECS FOR HOT SIDE:

TWO PHASE FLASH
 MAXIMUM NO. ITERATIONS 30
 CONVERGENCE TOLERANCE 0.00010000

FLASH SPECS FOR COLD SIDE:

TWO PHASE FLASH
 MAXIMUM NO. ITERATIONS 30
 CONVERGENCE TOLERANCE 0.00010000

COUNTERCURRENT HEAT EXCHANGER WITH SPECIFIED HOT OUTLET TEMPERATURE
 HOT STREAM OUTLET TEMPERATURE (K) 409.000
 HOT STREAM PRESSURE DROP (N/SQM) 0.0
 COLD STREAM PRESSURE DROP (N/SQM) 0.0
 OVERALL HEAT TRANSFER COEFFICIENT (WATT/SQM-K) 500.000

*** RESULTS ***

HOT STREAM INLET TEMPERATURE (K) 716.372
 HOT STREAM OUTLET TEMPERATURE (K) 409.000
 COLD STREAM INLET TEMPERATURE (K) 389.000
 COLD STREAM OUTLET TEMPERATURE (K) 672.237
 EXCHANGER HEAT DUTY (WATT) 4,569,760.
 HEAT TRANSFER AREA (SQM) 299.737

STREAM SECTION

F13 F13A F14 F21 F21A

STREAM ID	F13	F13A	F14	F21	F21A
FROM :	----	HEX3	HEX4	----	HEX4
TO :	HEX3	HEX4	----	HEX4	WHB
SUBSTREAM: MIXED					
PHASE:	VAPOR	VAPOR	VAPOR	VAPOR	VAPOR
COMPONENTS: KMOL/SEC					
H2	1.5900-03	1.5900-03	1.5900-03	1.5900-05	1.5900-05
CO	7.8000-05	7.8000-05	7.8000-05	7.8000-07	7.8000-07
CO2	7.0200-02	7.0200-02	7.0200-02	3.8200-02	3.8200-02
CH4	1.0700-06	1.0700-06	1.0700-06	1.0700-08	1.0700-08
O2	8.9280-02	8.9280-02	8.9280-02	7.2413-02	7.2413-02
H2O	2.7700-03	2.7700-03	2.7700-03	4.3500-03	4.3500-03
N2	0.3549	0.3549	0.3549	0.3549	0.3549
TOTAL FLOW:					
KMOL/SEC	0.5188	0.5188	0.5188	0.4698	0.4698
KG/SEC	15.9436	15.9436	15.9436	14.0187	14.0187
CUM/SEC	4.7493	5.6763	7.0134	18.6091	23.7294
STATE VARIABLES:					
TEMP K	463.8396	552.9636	681.6600	856.8388	716.3720
PRES N/SQM	4.2200+05	4.2100+05	4.2000+05	1.8000+05	1.1800+05
VFRAC	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
LFRAC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SFRAC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ENTHALPY:					
J/KMOL	-4.9470+07	-4.6609+07	-4.2357+07	-1.6490+07	-2.1186+07
J/KG	-1.6098+06	-1.5167+06	-1.3783+06	-5.5273+05	-7.1011+05
WATT	-2.5666+07	-2.4182+07	-2.1976+07	-7.7486+06	-9.9548+06
ENTROPY:					
J/KMOL-K	9252.8983	1.4912+04	2.1841+04	3.4445+04	3.1976+04
J/KG-K	301.0999	485.2556	710.7455	1154.5405	1071.7777
DENSITY:					
KMOL/CUM	0.1092	9.1401-02	7.3976-02	2.5250-02	1.9802-02
KG/CUM	3.3570	2.8087	2.2732	0.7533	0.5907
AVG MW	30.7303	30.7303	30.7303	29.8343	29.8343

STREAM SECTION

F22 F24 F24A F3 F4

STREAM ID	F22	F24	F24A	F3	F4
FROM :	WIIB	----	HEX1	----	HEX2
TO :	----	HEX1	----	HEX2	----
SUBSTREAM: MIXED					
PHASE:	VAPOR	LIQUID	VAPOR	VAPOR	VAPOR
COMPONENTS: KMOL/SEC					
H2	1.5900-05	0.0	0.0	9.0300-03	9.0300-03
CO	7.8000-07	0.0	0.0	3.3750-02	3.3750-02
CO2	3.8200-02	0.0	0.0	3.7600-04	3.7600-04
CH4	1.0700-08	0.0	0.0	0.0	0.0
O2	7.2413-02	0.0	0.0	0.0	0.0
H2O	4.3500-03	7.6603-02	7.6603-02	6.9000-02	6.9000-02
N2	0.3549	0.0	0.0	2.2500-03	2.2500-03
TOTAL FLOW:					
KMOL/SEC	0.4698	7.6603-02	7.6603-02	0.1144	0.1144
KG/SEC	14.0187	1.3800	1.3800	2.2861	2.2861
CUM/SEC	13.5470	1.8214-03	0.6233	1.0786	2.0762
STATE VARIABLES:					
TEMP K	409.0000	293.0000	419.8200	477.0000	873.0000
PRES N/SQM	1.1800+05	4.1800+05	4.1800+05	4.1800+05	4.0000+05
VFRAC	1.0000	0.0	1.0000	1.0000	1.0000
LFRAC	0.0	1.0000	0.0	0.0	0.0
SFRAC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ENTHALPY:					
J/KMOL	-3.0911-07	-2.8946+08	-2.3811+08	-1.7419+08	-1.6038+08
J/KG	-1.0361+06	-1.6068+07	-1.3217+07	-8.7170+06	-8.0260+06
WATT	-1.4525+07	-2.2173+07	-1.8240+07	-1.9928+07	-1.8349+07
ENTROPY:					
J/KMOL-K	1.4303+04	-1.7231+05	-4.4907+04	1.0957+04	3.2291+04
J/KG-K	479.4136	-9564.8833	-2492.7550	548.3116	1615.9137
DENSITY:					
KMOL/CUM	3.4686-02	42.0567	0.1228	0.1060	5.5102-02
KG/CUM	1.0348	757.6520	2.2139	2.1194	1.1011
AVG MW	29.8343	18.0150	18.0150	19.9828	19.9828

STREAM SECTION

F5 F5A F6 F7 F7A

STREAM ID	F5	F5A	F6	F7	F7A
FROM :	----	HEX2	HEX3	----	HEX1
TO :	HEX2	HEX3	----	HEX1	----
SUBSTREAM: MIXED					
PHASE:	VAPOR	VAPOR	VAPOR	VAPOR	MIXED
COMPONENTS: KMOL/SEC					
H2	6.8000-03	6.8000-03	6.8000-03	1.0621-02	1.0621-02
CO	3.9000-03	3.9000-03	3.9000-03	7.8223-05	7.8223-05
CO2	6.2300-02	6.2300-02	6.2300-02	6.6126-02	6.6126-02
CH4	1.0700-06	1.0700-06	1.0700-06	1.0714-06	1.0714-06
O2	5.5000-21	5.5000-21	5.5000-21	0.0	0.0
H2O	7.1200-02	7.1200-02	7.1200-02	6.7405-02	6.7405-02
N2	2.2500-03	2.2500-03	2.2500-03	2.2500-03	2.2500-03
TOTAL FLOW:					
KMOL/SEC	0.1464	0.1464	0.1464	0.1464	0.1464
KG/SEC	4.2104	4.2104	4.2104	4.2111	4.2111
CUM/SEC	2.9633	2.2917	1.5438	1.7488	0.6535
STATE VARIABLES:					
TEMP K	973.0000	728.9329	480.0000	506.4950	325.0000
PRES N/SQM	4.0000+05	3.8700+05	3.7600+05	3.5100+05	3.3600+05
VFRAC	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.5587
LFRAC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4413
SFRAC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ENTHALPY:					
J/KMOL	-2.6063+08	-2.7142+08	-2.8155+08	-2.8155+08	-3.0840+08
J/KG	-9.0654+06	-9.4406+06	-9.7931+06	-9.7934+06	-1.0727+07
WATT	-3.8170+07	-3.9749+07	-4.1234+07	-4.1241+07	-4.5175+07
ENTROPY:					
J/KMOL-K	2.6011+04	1.3545+04	-3171.6832	-1875.6776	-7.2405+04
J/KG-K	904.7229	471.1170	-110.3189	-65.2438	-2518.5578
DENSITY:					
KMOL/CUM	4.9421-02	6.3904-02	9.4862-02	8.3758-02	0.2241
KG/CUM	1.4208	1.8372	2.7273	2.4079	6.4434
AVG MW	28.7501	28.7501	28.7501	28.7487	28.7487

STREAM SECTION

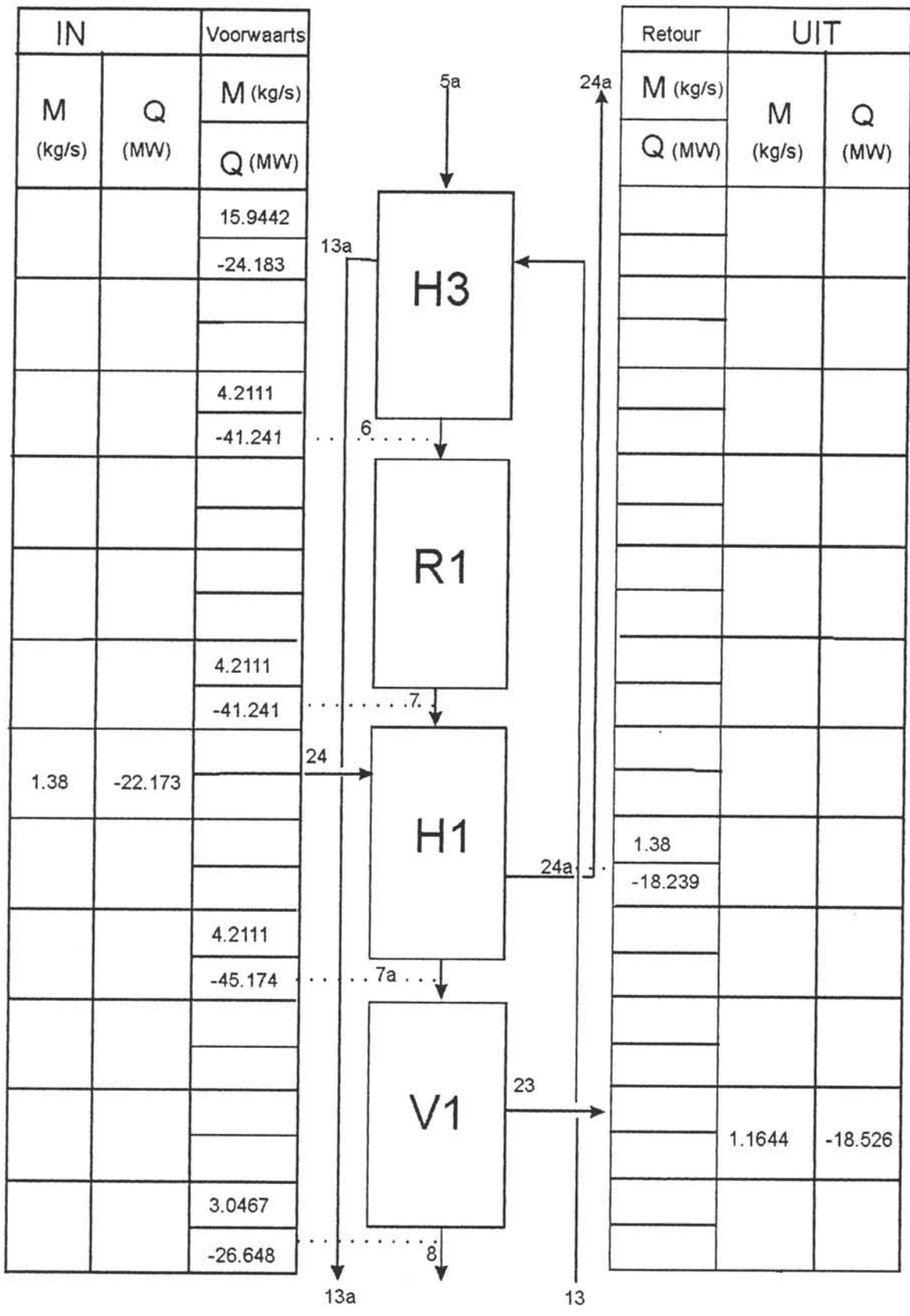
STE WAT

STREAM ID	STE	WAT
FROM :	WIIB	-----
TO :	-----	WHB
SUBSTREAM: MIXED		
PHASE:	VAPOR	LIQUID
COMPONENTS: KMOL/SEC		
H2	0.0	0.0
CO	0.0	0.0
CO2	0.0	0.0
CH4	0.0	0.0
O2	0.0	0.0
H2O	8.9500-02	8.9500-02
N2	0.0	0.0
TOTAL FLOW:		
KMOL/SEC	8.9500-02	8.9500-02
KG/SEC	1.6123	1.6123
CUM/SEC	0.1180	2.3056-03
STATE VARIABLES:		
TEMP K	672.2373	389.0000
PRES N/SQM	4.0000+06	4.0000+06
VFRAC	1.0000	0.0
LFRAC	0.0	1.0000
SFRAC	0.0	0.0
ENTHALPY:		
J/KMOL	-2.2998+08	-2.8104+08
J/KG	-1.2766+07	-1.5600+07
WATT	-2.0583+07	-2.5153+07
ENTROPY:		
J/KMOL-K	-4.7767+04	-1.4773+05
J/KG-K	-2651.5320	-8200.5079
DENSITY:		
KMOL/CUM	0.7579	38.8188
KG/CUM	13.6546	699.3206
AVG MW	18.0150	18.0150

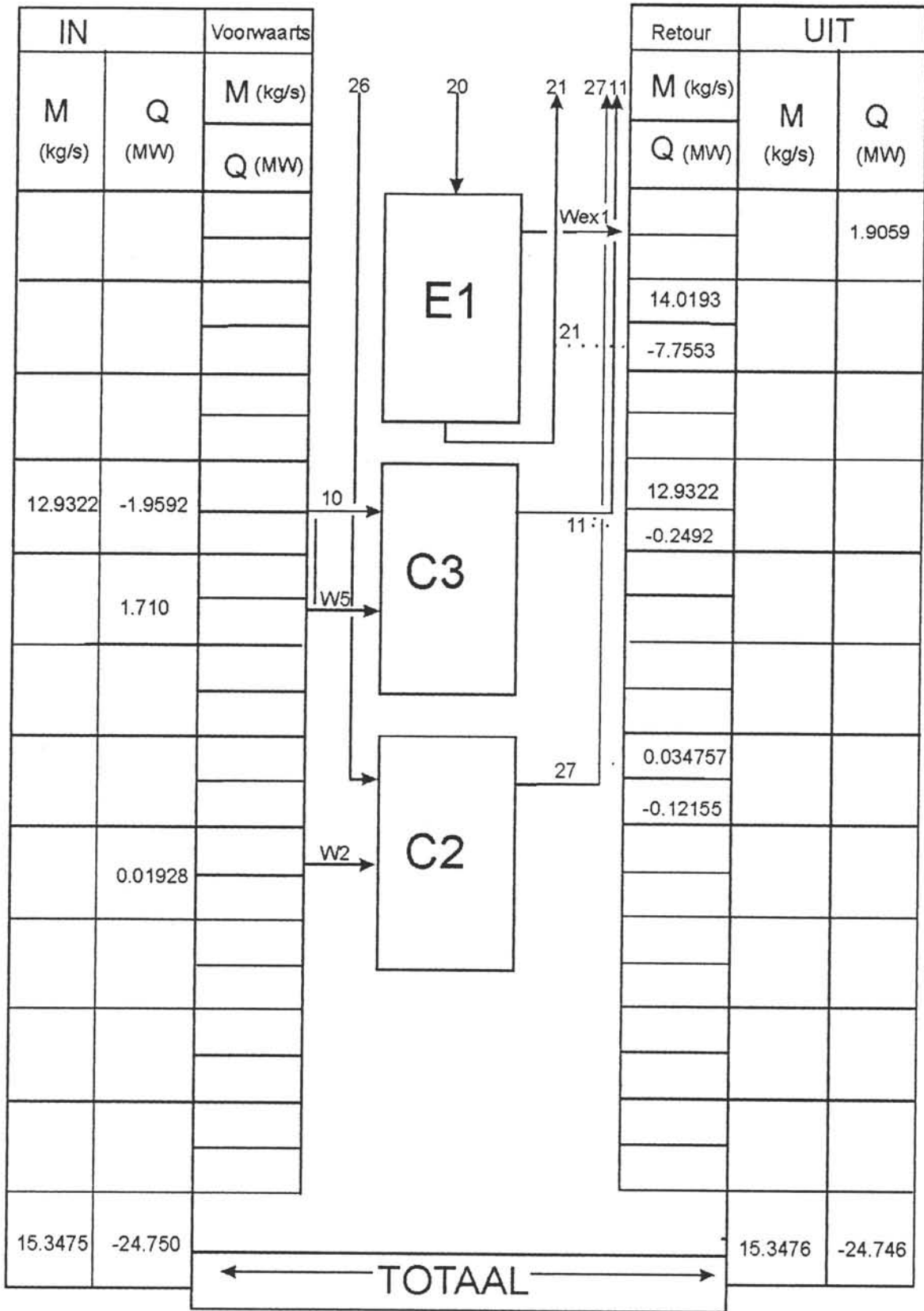
Bijlage E.

Massa en energie balans

Massa- en warmtebalans



Massa- en warmtebalans



APPARAAT- STROOM →	1 <i>FOG</i>	2 <i>ex. C1</i>	3 <i>Anodekool</i>	4 <i>Anode tot Anode Eff.</i>	5
COMPONENTEN ↓	M (KMOL/S)	M (KMOL/S)	M (KMOL/S)	M (KMOL/S)	M (KMOL/S)
H ₂ <i>2</i>	0.0	0.0	9.028e-3	9.028e-3	6.789e-3
CO <i>28</i>	3.375e-2	3.375e-2	3.375e-2	3.375e-2	3.911e-3
CO ₂ <i>44</i>	0.0	0.0	3.762e-4	3.762e-4	6.229e-2
CH ₄ <i>16</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	1.071e-6
O ₂ <i>32</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	5.48e-21
H ₂ O <i>18</i>	1.5e-3	1.5e-3	6.9e-2	6.9e-2	7.124e-2
N ₂ <i>28</i>	2.25e-3	2.2.e-3	2.25e-3	2.25e-3	2.25e-3
TOTAAL:	3.75e-2 <i>p</i>	3.75e-2 <i>p</i>	0.1144 <i>p</i>	0.1144 <i>p</i>	0.1464 <i>p</i>
MTOT (KG/S)	1.0353 <i>p</i>	1.0353 <i>p</i>	2.2861 <i>p</i>	2.2861 <i>p</i>	4.2111 <i>p</i>
Q (MW)	-4.0139	-3.7312	-19.925	-18.349	-38.177

STROOM/COMPONENTENSTAAT

23

APPARAAT- STROOM →	5a <i>Arude Effl.</i>	6 = R ₁ feed <i>Arude effl.</i>	7 R ₁ Arude Effl.	7a R ₁ <i>Arude Effl.</i>	8 = 7a - <i>Arude V-1</i>
COMPONENTEN ↓	M (KMOL/S)	M (KMOL/S)	M (KMOL/S)	M (KMOL/S)	M (KMOL/S)
H ₂	6.789e-3	6.789e-3	1.062e-2	1.062e-2	1.062e-2
CO	3.911e-3	3.911e-3	7.822e-5	7.822e-5	7.822e-5
CO ₂	6.229e-2	6.229e-2	6.613e-2	6.613e-2	6.611e-2
CH ₄	1.071e-6	1.071e-6	1.071e-6	1.071e-6	1.071e-6
O ₂	5.48e-21	5.48e-21	0.0	0.0	0.0
H ₂ O	7.124e-2	7.124e-2	6.741e-2	6.741e-2	2.775e-3
N ₂	2.25e-3	2.25e-3	2.25e-3	2.25e-3	2.25e-3
TOTAAL :	0.1464	0.1464	0.1464	0.1464	8.184e-2
MTOT (KG/S)	4.2111	4.2111	4.2111	4.2111	3.0467
Q (MW)	-39.749	-41.241	-41.241	-45.174	-26.648

STROOM/COMPONENTENSTAAT

Relevant

APPARAAT-STROOM →	9 <i>inlet</i>	10 <i>airfd</i>	11 <i>airfd</i>	12 <i>inlet</i> <i>C4</i>	13 <i>outlet</i> <i>C4</i>
COMPONENTEN ↓	M (KMOL/S)	M (KMOL/S)	M (KMOL/S)	M (KMOL/S)	M (KMOL/S)
H ₂	1.593e-2	0.0	0.0	1.593e-3	1.593e-3
CO	7.822e-5	0.0	0.0	7.822e-5	7.822e-5
CO ₂	6.574e-2	4.464e-3	4.464e-3	7.020e-2	7.020e-2
CH ₄	1.071e-6	0.0	0.0	1.071e-6	1.071e-6
O ₂	0.0	8.928e-2	8.928e-2	8.928e-2	8.928e-2
H ₂ O	2.775e-3	0.0	0.0	2.775e-3	2.775e-3
N ₂	2.25e-3	0.3526	0.3526	0.3549	0.3549
TOTAAL:	7.244e-2	0.4464	0.4464	0.5188	0.5188
MTOT (KG/S)	3.0119	12.9322	12.9322	15.9442	15.9442
Q (MW)	-26.506	-1.9592	-0.2492	-26.755	-25.674

STROOM/COMPONENTENSTAAT

APPARAAT- STROOM →	13a	14 <i>inlet</i> <i>R2</i>	15 <i>eff.</i> <i>R2</i>	16 <i>kath.</i> <i>feed</i>	17 <i>kath effe.</i>
COMPONENTEN ↓	M (KMOL/S)	M (KMOL/S)	M (KMOL/S)	M (KMOL/S)	M (KMOL/S)
H ₂	1.593e-3	1.593e-3	1.593e-3	4.231e-5	4.231e-5
CO	7.822e-5	7.822e-7	7.822e-7	2.077e-6	2.077e-6
CO ₂	7.020e-2	7.020e-2	7.028e-2	0.1335	0.1014
CH ₄	1.071e-6	1.071e-8	1.071e-8	2.845e-8	2.845e-8
O ₂	8.928e-3	8.928e-2	8.845e-2	0.2083	0.1923
H ₂ O	2.775e-3	2.775e-3	4.355e-3	1.156e-2	1.156e-2
N ₂	0.3549	0.3549	0.3549	0.9424	0.9424
TOTAAL:	0.5188	0.5188	0.5180	1.2959	1.2478
MTOT (KG/S)	15.9442	15.9442	15.9442	39.1507	37.2257
Q (MW)	-24.183	-21.983	-21.983	-31.362	-15.531

STROOM/COMPONENTENSTAAT |

APPARAAT- STROOM →	18 <i>Kath. Recept</i>	19	20 <i>FOG effe.</i>	21	22
COMPONENTEN ↓	M (KMOL/S)	M (KMOL/S)	M (KMOL/S)	M (KMOL/S)	M (KMOL/S)
H ₂	2.638e-5	2.638e-5	1.593e-5	1.593e-5	1.593e-5
CO	1.295e-6	1.295e-6	7.822e-7	7.822e-7	7.822e-7
CO ₂	6.324e-2	6.324e-2	3.820e-2	3.820e-2	3.820e-2
CH ₄	1.774e-8	1.774e-8	1.071e-8	1.071e-8	1.071e-8
O ₂	0.1198	0.1198	7.241e-2	7.241e-2	7.241e-2
H ₂ O	7.210e-3	7.210e-3	4.355e-3	4.355e-3	4.355e-3
N ₂	0.5875	0.5875	0.3549	0.3549	0.3549
TOTAAL:	0.7779	0.7779	0.4698	0.4698	0.4698
MTOT (KG/S)	23.2065	23.2065	14.0193	14.0193	14.0193
Q (MW)	-9.6827	-9.3793	-5.8494	-7.7553	-9.9553

STROOM/COMPONENTENSTAAT

APPARAAT- STROOM →	F23 3108 V1	F24	F24a	F25 kraker fol.	
COMPONENTEN ↓	M (KMOL/S)	M (KMOL/S)	M (KMOL/S)	M (KMOL/S)	
H ₂	5.951e-9	0.0	0.0	0.0	
CO	3.59e-11	0.0	0.0	0.0	
CO ₂	1.289e-5	0.0	0.0	0.0	
CH ₄	3.43e-12	0.0	0.0	0.0	
O ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	
H ₂ O	6.463e-2	7.660e-2	7.660e-2	6.75e-2	
N ₂	6.88e-10	0.0	0.0	0.0	
TOTAAL:	6.464e-2	7.660e-2	7.66e-2	6.75e-2	
MTOT (KG/S)	1.1644	1.38	1.38	1.216	
Q (MW)	-18.526	-22.173	-18.239	-16.072	

STROOM/COMPONENTENSTAAT

APPARAAT- STROOM →	F26 ^{= F27} <i>ndet C2</i>	F27 <i>2.C2, rec.</i>	F28		
COMPONENTEN ↓	M (KMOL/S)	M (KMOL/S)	M (KMOL/S)		
H ₂	9.028e-3	9.028e-3	0.0		
CO	0.0	0.0	0.0		
CO ₂	3.762e-4	3.762e-4	0.0		
CH ₄	0.0	0.0	0.0		
O ₂	0.0	0.0	0.0		
H ₂ O	0.0	0.0	9.103e-3		
N ₂	0.0	0.0	0.0		
TOTAAL:	9.404e-3	9.404e-3	9.103e-3		
MTOT (KG/S)	3.476e-2	3.476e-2	0.1639		
Q (MW)	-.14083	-.12155	-2.1674		

STROOM / COMPONENTENSTAAT

Bijlage F.

Specificatiebladen

WARMTEWISSELAARSPECIFIKATIEBLAD

Apparaatnummer : H. . . 1 Aantal : 1 serie/parallel*

ALGEMENE EIGENSCHAPPEN :

Functie : condensor/verdamer

Type : Warmtewisselaar*
~~Kondensor~~
~~Verdamer~~
 Kondensor
 Verdamer

Uitvoering : met vaste pijpplaten*
 floating head
~~heerspeld~~
~~dubbele pijp~~
 platenwarmtewisselaar

Positie : horizontaal/vertikaal*

Kapaciteit : kW (berekend)
 Warmtewisselend oppervlak : m² (berekend)
 Overallwarmteoverdrachtscoëfficiënt : W/m²K (globaal)
 Logaritmisch temperatuurverschil (LMTD) : °C
 Aantal passages pijpzijde : .1.
 Aantal passages mantelzijde : .1.
 Korrektiefactor LMTD (min. 0,75). : .1.
 Gekorrigeerde LMTD. : 54.6 °C

BEDRIJFSKONDITIONES :

	<i>stg 7</i> <i>stg 24</i>	
	Mantelzijde	Pijpzijde
Soort fluidum . . . . .	. . gas . . .	water . . .
Massastroom kg/s	4.211	1.38
Massastroom te verdampen/kondenseren* kg/s	1.1644	1.38
Gemiddelde soortelijke warmte kJ/kg °C	. . . . .	. . . . .
Verdampingswarmte kJ/kg	. . . . .	. . . . .
Temperatuur IN °C	<u>233</u>	20
Temperatuur UIT °C	.52	.147
Druk bar	3.5	4.2
Materiaal . . . . .	. rvs. 304 .	. rvs. 304 .

Lit.:-Fysische Transportverschijnselen I, Smith en Stammers (1973)
 -College st 44/i 20, Apparaten voor de Procesindustrie,
 Hfdst. IV : Apparaten voor warmteoverdracht (1987),
 ir.W.J.B.van den Bergh (v.h. prof.E.J.de Jong)

*Doorstrepen wat niet van toepassing is

WARMTEWISSELAARSPECIFIKATIEBLAD

Apparaatnummer : H. 2	Aantal : . . serie/parallel*	
ALGEMENE EIGENSCHAPPEN :		
Functie :		
Type : Warmtewisselaar* Koeler Kondensor Verdamper		
Uitvoering : met vaste pijpplaten* floating head hangoepeld subiele pijp platenwarmtewisselaar		
Positie : horizontaal/vertikaal*		
Kapaciteit : . . . 1579 . .kW (berekend)		
Warmtewisselend oppervlak : . . . 137 . . m ² (berekend)		
Overallwarmteoverdrachtscoëfficiënt :70 .W/m ² K(globaal)		
Logaritmisch temperatuurverschil (LMTD) :164 . . °C		
Aantal passages pijpzijde : 1 .		
Aantal passages mantelzijde : 1 .		
Korrektiefactor LMTD (min. 0,75). : 1 .		
Gekorrigeerde LMTD. :164 . . °C		
BEDRIJFSKONDITIONES :		
	Mantelzijde	Pijpzijde
Soort fluidum gas gas . .
Massastroomkg/s	. . 4.2104 .	. . 2.2861 .
Massastroom te verdampen/kondenseren*kg/s		
Gemiddelde soortelijke warmtekJ/kg.°C		
VerdampingswarmtekJ/kg		
Temperatuur IN°C	700	204
Temperatuur UIT°C	456	600
Drukbar	. . 4 4 . .
Materiaal	rvs 304	rvs 304

Lit.:-Fysische Transportverschijnselen I, Smith en Stammers(1973)
 -College st 44/i 20, Apparaten voor de Procesindustrie,
 Hfdst. IV : Apparaten voor warmteoverdracht (1987),
 ir.W.J.B.van den Bergh (v.h. prof.E.J.de Jong)

* Doorstrepen wat niet van toepassing is

WARMTEWISSELAARSPECIFIKATIEBLAD

Apparaatnummer : H. 4	Aantal : . . serie/parallel*	
ALGEMENE EIGENSCHAPPEN :		
Functie :		
Type :	Warmtewisselaar*	
	Koeler	
	Kondensator	
	Verdamper	
Uitvoering :	met vaste pijpplaten*	
	floating head	
	beenspeld	
	dubbele pijp	
	platenwarmtewisselaar	
Positie :	horizontaal/vertikaal*	
Kapaciteit :	2206	.kW (berekend)
	290	m ² (berekend)
Warmtewisselend oppervlak :		
Overallwarmteoverdrachtscoëfficiënt :	45	.W/m ² K (globaal)
	169	°C
Logaritmisch temperatuurverschil (LMTD) :		
Aantal passages pijpzijde :	1	
Aantal passages mantelzijde :		
Korrektiefactor LMTD (min. 0,75) :	1	
Gekorrigeerde LMTD :	169	°C
BEDRIJFSKONDITIONS :		
	Mantelzijde	Pijpzijde
Soort fluidum . . . . .	. 280 . . .	. 584 . . .
Massastroom kg/s	15.94	14.02
Massastroom te verdampen/kondenseren* kg/s		
Gemiddelde soortelijke warmte kJ/kg.°C		
Verdampingswarmte kJ/kg		
Temperatuur IN °C	280	584
Temperatuur UIT °C	409	443
Druk bar	4.2	1.8
Materiaal	rvs 304	rvs 304

Lit.: -Fysische Transportverschijnselen I, Smith en Stammers (1973)
 -College st 44/i 20, Apparaten voor de Procesindustrie,
 Hfdst. IV : Apparaten voor warmteoverdracht (1987),
 ir.W.J.B.van den Bergh (v.h. prof.E.J.de Jong)

*Doorstrepen wat niet van toepassing is

Electriciteit uit FOG met behulp van een MCFC.

Apparatenlijst voor warmtewisselaars en fornuizen

APPARAAT NO.	H1	H2	H3	H4	
Benaming Type	Warmte- wisselaar	Warmte- wisselaar	Warmte- wisselaar	Warmte- wisselaar	
Medium - pijpen - mantel- zijde	gas/vloei-stof gas/vloei-stof	gas gas	gas gas	gas gas	
Capaciteit Uitgewisselde warmte [kW]	3933	1579	1484	2208	
Warmtewisse- lend opper- vlak [m²]	77	128	300	290	
Aantal - serie - parallel	1	1	1	1	
Abs./Eff.** druk [bar] - pijpen - mantel- zijde	3.5 4.2	4 4	3.8 4.2	1.8 4.2	
Temp. in/uit [°C] <u>pijpzijde</u> <u>mantelzijde</u>	233/52 20/147	<i>205</i> 174 /600 700/455	455/207 191/280	584/443 280/409	
Speciaal te gebruiken materiaal	RVS 304	RVS 304	RVS 304	RVS 304	
Overig					

** Aangeven wat bedoeld wordt

Electriciteit uit FOG met behulp van een MCFC.

Apparatenlijst voor pompen, blowers en compressoren

APPARAAT NO.	C1	C2	C3	C4	C5
Benaming Type	compress	compress	compress	compress	blower
Te verpompen medium	gas	gas	gas	gas	gas
Capaciteit [kg/s]***	1.0353	0.035	12.93	15.94	23.2
Dichtheid [kg/m ³]	1.55	0.43	1.77	2.95	1.43
Zuig-/pers- druk (abs./ eff.)* [bar]	1.00/ 4.15	2.75/ 4.15	1.00/ 2.75	2.75/ 4.22	3.85/ 4.00
Temp. [°C] in/uit	100/350	325/381	10/140	124/190	701/712
Vermogen [kW] - theorie - praktijk	203.5 <i>Actual.</i> 282.7 <i>choft</i>	11.11 15.44	1231 1709	779 1.081	242 303
Aantal - serie - parallel	1	1	1	1 { ?	1
Speciaal te gebruiken materialen	RVS 304	RVS 304	RVS 304	RVS 304	RVS321
Overig					

FABRIEKSVORONTWERP NO. 3059__

*** Aangeven wat bedoeld wordt

Electriciteit uit FOG met behulp van een MCFC.

Apparatenlijst voor pompen, blowers en compressoren

APPARAAT NO.	E1				
Benaming Type	expander				
Te verpompen medium	gas				
Capaciteit [kg/s]*	14				
Dichtheid [kg/m ³]	1.08				
Zuig-/pers- druk (abs./ eff.)* [bar]	3.85/ 1.80				
Temp. [°C] in/uit	701/583				
Vermogen [kW] - theorie - praktijk	2647 1906	→ shaft			
Aantal - serie - parallel	1	→ actual.			
Speciaal te gebruiken materialen	RVS 321				
Overig					

FABRIEKSVORONTWERP NO. 3059 _____

*Aangeven wat bedoeld wordt

M.A. de Jong. FVO nr. 3059

Electriciteit uit FOG met behulp van een MCFC.

Apparatenlijst voor diversen

APPARAAT NO.	MCFC				
Benaming Type	Brandstofcel				
Capaciteit	4.0 MW				
Abs./Eff.**** druk [bar]	4.0				
Temp. [°C]	600/700				
Inhoud [m³] of L [m] B [m] H [m]					
Aantal - serie - parallel	1				
Speciaal te gebruiken materialen	verslag				
Overig					

FABRIEKSVOORONTWERP NO. 3059

****Aangeven wat bedoeld wordt




M.A. de Jong. FVO nr. 3059

Bijlage G.

Stofeigenschappen uit chemiekaarten

KOOLMONOXIDE



(drukhouder)

FYSISCHE EIGENSCHAPPEN	BELANGRIJKE GEGEVENS	
Kookpunt, °C - 191 Smeltpunt, °C - 205 Vlampunt, °C brandbaar gas Zelfontbrandingstemperatuur, °C 605 Relatieve dampdichtheid (lucht = 1) 0,97 Dampspanning, bar bij 20 °C 58,8 Oplosbaarheid in water niet Explosiegrenzen, volume% in lucht 11,0-75 Minimum ontstekingsenergie, mJ 0,1 Relatieve molecuulmassa 28,0	KLEURLOOS EN REUKLOOS SAMENGEPERST GAS Het gas mengt zich goed met lucht, makkelijke vorming van explosieve mengsels.	
	MAC-waarde 25 ppm MAC TGG-15 min. * 29 mg/m ³	
Brutoformule: CO	Wijze van opname: De stof kan worden opgenomen in het lichaam door inademing. Een voor de gezondheid gevaarlijke concentratie in de lucht kan bij vrijkomen van dit gas zeer snel worden bereikt. Directe gevolgen: De stof werkt op het bloed. Bloedafwijkingen kunnen optreden. In ernstige gevallen kans op stoornissen van ademhaling, hartritme, hart- en vaatstelsel, bewusteloosheid, toevallen, dodelijke afloop. De stof werkt op het zenuwstelsel. Hersenbeschadigingen kunnen optreden. Gevolgen bij langdurige, herhaaldelijke blootstelling: Kan vertraagde ontwikkeling van babies veroorzaken.	
DIRECTE GEVAREN/ VERSCHEIJNSELEN	PREVENTIE	BLUSSTOFFEN/EERSTE HULP
Brand: zeer brandgevaarlijk.	geen open vuur, geen vonken en niet roken.	toevoer afsluiten, indien niet mogelijk en geen gevaar voor omgeving, laten uitbranden, anders blussen met poeder, koolzuur, (halonen).
Explosie: gas met lucht explosief.	gesloten apparatuur, ventilatie, explosie veilige elektrische apparatuur en verlichting, vonk-arm gereedschap.	bij brand: drukkhouder koel houden door spuiten met water, brand bestrijden vanuit beschutte plaats.
Inademen: hoofdpijn, duizeligheid, bewusteloosheid.	ruimtelijke afzuiging, plaatselijke afzuiging, ademhalingsbescherming (filtertype CO).	frisse lucht, rust, beademing, zuurstof toedienen en onmiddellijk naar ziekenhuis vervoeren.
OPRUIMING	OPSLAG / AFVALCODES	ETIKETTERING / NFPA
omgeving ontruimen, deskundige waarschuwen, ventilatie, (extra persoonlijke bescherming: persluchtmasker).	brandveilig, koel. KCA: VI	R: 12-23 S: 7-16  Licht ontvlambaar  Vergiftig 
OPMERKINGEN		
Bij vergiftiging door koolmonoxide is specifieke eerste hulp noodzakelijk. De benodigde middelen met gebruiksaanwijzing moeten beschikbaar zijn. Opname in een ziekenhuis is altijd noodzakelijk wanneer verschijnselen optreden. * Voor werkperioden korter dan 8 uur per dag zijn de volgende concentraties toegestaan: MAC TGG-15 min.: 150 ppm (174 mg/m ³); MAC TGG-30 min.: 120 ppm (139 mg/m ³); MAC TGG-60 min.: 60 ppm (70 mg/m ³), mits gedurende de werkdag bij de arbeid geen verdere blootstelling plaatsvindt. Reukloos, dus gemakkelijke overschrijding van de MAC-waarde zonder dat dit waargenomen wordt. Koolmonoxide ontstaat bij onvolledige verbranding van bijvoorbeeld kolen, olie, hout en vele organische chemicaliën. Zie voor inertisering van explosieve gas, damp/luchtmengsels het Chemiekaartenboek hoofdstuk "Tabellen en formules". In PUBLIKATIEBLAD P 67 van de Arbeidsinspectie worden instructies gegeven voor het veilig werken met koolmonoxide.		
Transport Emergency Card TEC(R)-20G05		GEVI: 236; VN-nummer: 1016

CAS-nr: [74-82-8]
aardgas

CH₄

METHAAN
(drukhouder)

FYSISCHE EIGENSCHAPPEN	BELANGRIJKE GEGEVENS	
Kookpunt, °C - 162 Smeltpunt, °C - 182 Vlampunt, °C brandbaar gas Zelfontbrandingstemperatuur, °C 537 Relatieve dampdichtheid (lucht = 1) 0,6 Oplosbaarheid in water niet Explosiegrenzen, volume% in lucht 4,4-16 Minimum ontstekingsenergie, mJ 0,28 Relatieve molecuulmassa 16	KLEURLOOS REUKLOOS SAMENGEPERST GAS Het gas is lichter dan lucht. MAC-waarde niet vastgesteld Wijze van opname: De stof kan worden opgenomen in het lichaam door inademing. Dit gas kan bij vrijkomen door verdringing van de lucht verstikkend werken.	
Brutoformule: CH ₄		
DIRECTE GEVAREN/ VERSCIJNSELEN	PREVENTIE	BLUSSTOFFEN/EERSTE HULP
Brand: zeer brandgevaarlijk.	geen open vuur, geen vonken en niet roken.	toevoer afsluiten, indien niet mogelijk en geen gevaar voor omgeving, laten uitbranden, anders blussen met poeder, koolzuur, (halonen).
Explosie: gas met lucht explosief.	gesloten apparatuur, ventilatie, explosieveilige elektrische apparatuur en verlichting, aarden, vonkarm gereedschap.	bij brand: drukhouder koel houden door spuiten met water, brand bestrijden vanuit beschutte plaats.
Inademen: ademnood, hoofdpijn, sufheid, bewusteloosheid.	ventilatie, ruimtelijke afzuiging, plaatselijke afzuiging, onder geen beding filtermaskers.	frisse lucht, rust, zo nodig beademing, en naar ziekenhuis vervoeren.
Ogen:	gelaatsscherm.	
OPRUIMING	OPSLAG / AFVALCODES	ETIKETTERING / NFPA
ventilatie, (extra persoonlijke bescherming: persluchtmasker).	brandveilig, koel, ventilatie. WCA: D 5 KCA: VI	R: 12 S: 9-16-33  Zeer licht ontvlambaar 
OPMERKINGEN		
Bij hoge concentraties in de lucht, bijvoorbeeld in een slecht geventileerde ruimte, ontstaat zuurstofgebrek met kans op bewusteloosheid. Na gebruik als lasgas afsluiter dichtdraaien; slangen en leidingen regelmatig controleren; aansluitingen afzepen. Deze maatregelen zijn van toepassing in alle gevallen waarbij gas kan vrijstromen en bij opslag. De maatregelen op deze kaart gelden ook voor aardgas (drukhouder). Drukhouder met speciale appendages toepassen.		
Transport Emergency Card TEC(R)-20G04		GEVI: 23; VN-nummer: 1971



STIKSTOF

(drukhouder)

FYSISCHE EIGENSCHAPPEN		BELANGRIJKE GEGEVENS	
Kookpunt, °C	- 196	KLEURLOOS EN REUKLOOS SAMENGEPERST GAS	
Relatieve dampdichtheid (lucht = 1)	0,97	Het gas mengt zich goed met lucht.	
Oplösbaarheid in water	niet	MAC-waarde	niet vastgesteld
Relatieve molecuulmassa	28,0	Directe gevolgen: Inademing van de stof kan ademnood veroorzaken. In ernstige gevallen kans op bewusteloosheid.	
Brutoformule:	N ₂		
DIRECTE GEVAREN/ VERSCHIJNSELEN	PREVENTIE	BLUSSTOFFEN/EERSTE HULP	
Brand: niet brandbaar.		Bij brand in de omgeving: alle blusstoffen toegestaan.	
Explosie:		bij brand: drukhouder koel houden door spuiten met water.	
Inademen: ademnood, hoofdpijn, duizeligheid, bewusteloosheid.	ruimtelijke afzuiging, plaatselijke afzuiging, onder geen beding filtermaskers.	frisse lucht, rust, zo nodig beademing, en naar ziekenhuis vervoeren.	
OPRUIMING	OPSLAG / AFVALCODES	ETIKETTERING / NFPA (door leverancier aan te geven)	
ventilatie, (extra persoonlijke bescherming: persluchtmasker).	brandveilig indien binnen een gebouw, koel, ventilatie.		
OPMERKINGEN			
Bij hoge concentraties in de lucht, bijvoorbeeld in een slecht geventileerde ruimte, ontstaat zuurstofgebrek met kans op bewusteloosheid.			
Transport Emergency Card TEC(R)-20G01		GEVI: 20; VN-nummer: 1066	

WATERSTOF

(drukhouder)

FYSISCHE EIGENSCHAPPEN	BELANGRIJKE GEGEVENS	
Kookpunt, °C — 253 Vlampunt, °C brandbaar gas Relatieve dampdichtheid (lucht = 1) 0,07 Oplosbaarheid in water niet Explosiegrenzen, volume% in lucht 4-76 Minimum ontstekingsenergie, mJ 0,01 Relatieve molecuulmassa 2,0	KLEURLOOS REUKLOOS SAMENGEPERST GAS Het gas is lichter dan lucht. Vormt met chloor zgn. chloorknaalgas dat o.a. door UV licht ontstoken kan worden. Reageert heftig met acetyleen, distikstofdioxide, stikstofdioxide, fluor met kans op brand en explosie. Vormt met zuurstof of lucht het zgn. knalgas. MAC-waarde niet vastgesteld Wijze van opname: Dit gas kan bij vrijkomen door verdringing van de lucht verstikkend werken.	
Brutoformule: H ₂		
DIRECTE GEVAREN/ VERSCHEIJNSELEN	PREVENTIE	BLUSSTOFFEN/EERSTE HULP
Brand: zeer brandgevaarlijk.	geen open vuur, geen vonken en niet roken.	toevoer afsluiten, indien niet mogelijk en geen gevaar voor omgeving, laten uitbranden, anders blussen met poeder, koolzuur, (halonen).
Explosie: gas met lucht explosief.	gesloten apparatuur, ventilatie, explosieveilige elektrische apparatuur en verlichting, vonkarm handgereedschap.	bij brand: druhouder koel houden door spuiten met water.
Inademen: ademnood, hoofdpijn, duizeligheid, bewusteloosheid.		frisse lucht, rust, zo nodig beademing, en naar ziekenhuis vervoeren.
OPRUIMING	OPSLAG / AFVALCODES	ETIKETTERING / NFPA
ventilatie.	brandveilig indien binnen een gebouw, ventilatie langs het plafond. KCA: VI	R: 12 S: 9-16-33  Zeer licht ontvlambaar 
OPMERKINGEN		
Bij hoge concentraties in de lucht, bijvoorbeeld in een slecht geventileerde ruimte, ontstaat zuurstofgebrek met kans op bewusteloosheid. Bij krachtig uitstromen van waterstof uit gasfles of in geval van gaslek kan in de lucht zelfontbranding optreden. Waterstof aantonen met geschikte explosiemeter. De gewone explosiemeter niet gebruiken. Bij opslag ventilatie op het hoogste punt.		
Transport Emergency Card TEC(R)-20G04		GEVI: 23; VN-nummer: 1049

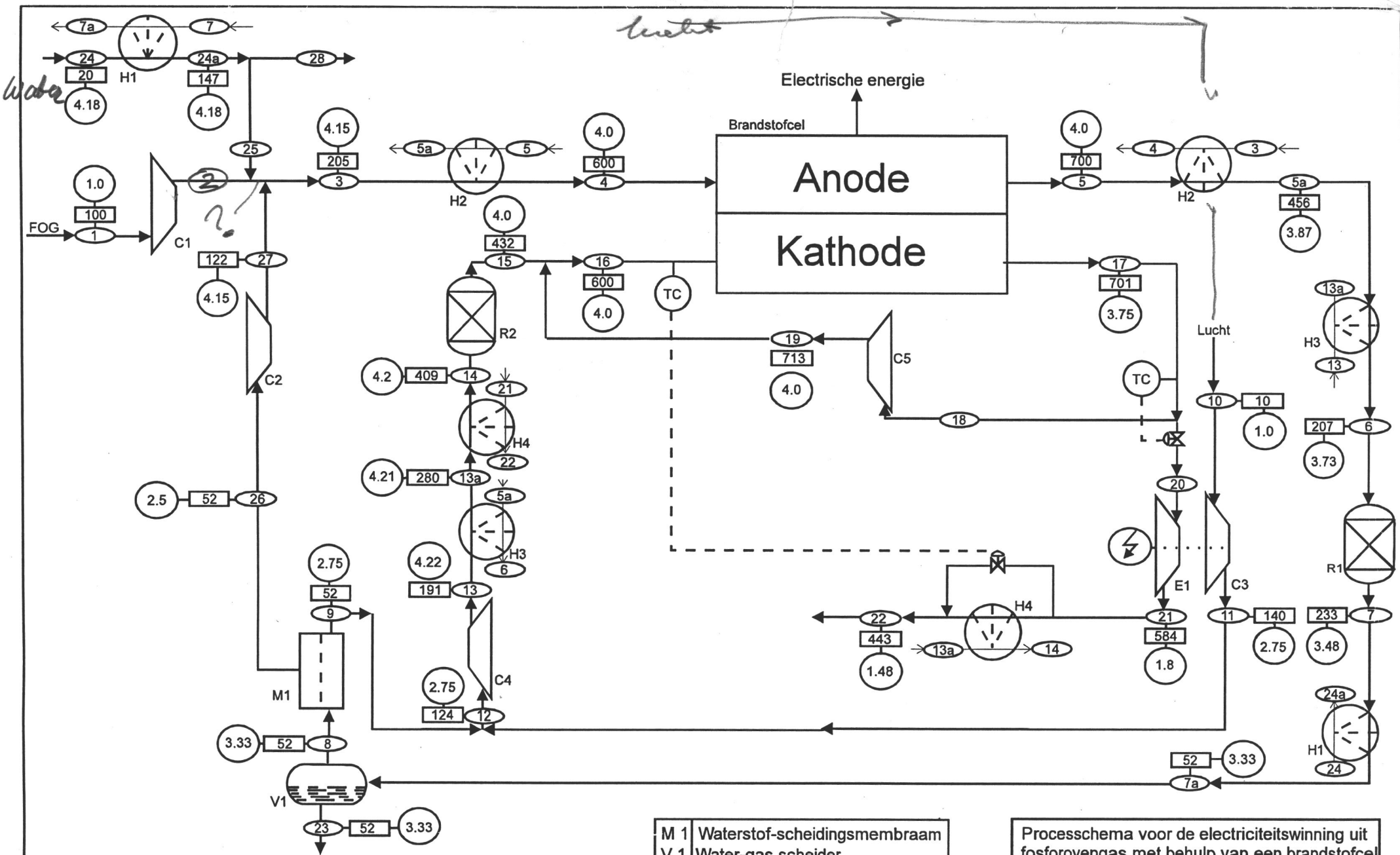
CAS-nr: [124-38-9]
droogijs
koolzuursneeuw

CO₂

KOOLDIOXIDE

(vast)

FYSISCHE EIGENSCHAPPEN		BELANGRIJKE GEGEVENS	
Sublimatiepunt, °C	-79	WITTE KRISTALLEN MET ZEER LAGE TEMPERATUUR	
Relatieve dichtheid (water = 1)	1,6	De stof verdampt aan de lucht onder vorming van <i>koolzuurgas</i> (zie aldaar) en kan zich op laaggelegen plaatsen ophopen met aldaar kans op zuurstofgebrek (bewusteloosheid).	
Relatieve dampdichtheid (lucht = 1)	1,5	MAC-waarde	5000 ppm 9000 mg/m ³
Dampspanning, bar bij 20 °C	57	Wijze van opname: De stof kan worden opgenomen in het lichaam door inademing. Dit gas kan bij vrijkomen door verdringing van de lucht verstikkend werken. Directe gevolgen: De stof werkt prikkelend op de ogen, de huid en de ademhalingsorganen. Inademing van de stof kan ademnood veroorzaken. In ernstige gevallen kans op bewusteloosheid. De stof kan bevriezing van huid en ogen veroorzaken.	
Oplosbaarheid in water, g/100 ml bij 20 °C	0,15		
Relatieve molecuulmassa	44		
Brutoformule:	CO ₂		
DIRECTE GEVAREN/ VERSCHEIJNSELEN	PREVENTIE	BLUSSTOFFEN/EERSTE HULP	
Brand: niet brandbaar.		Bij brand in directe omgeving: alle blusstoffen toegestaan.	
Inademen: ademnood, hoofdpijn, duizeligheid, bewusteloosheid.	ruimtelijke afzuiging, plaatselijke afzuiging, onder geen beding filtermaskers.	frisse lucht, rust, zo nodig beademing, en naar ziekenhuis vervoeren.	
Huid: roodheid, pijn, blaren.	koude-isolerende handschoenen.	<i>bij bevriezing:</i> GEEN kleding uittrekken, huid spoelen met veel water of douchen, en arts waarschuwen.	
Ogen: <i>bij bevriezing:</i> roodheid, pijn, slecht zien.	veiligheidsbril.	eerst langdurig spoelen met veel water (contactlenzen verwijderen mits makkelijk mogelijk), dan naar arts brengen.	
OPRUIMING	OPSLAG / AFVALCODES	ETIKETTERING / NFPA (door leverancier aan te geven)	
ventilatie, niet in gesloten vaten, gemorste stof opscheppen, niet met water op vaste stof spuiten, (extra persoonlijke bescherming: persluchtmasker).	koel, ventilatie langs de vloer.		
OPMERKINGEN			
Bij hoge concentraties in de lucht, bijvoorbeeld in een slecht geventileerde ruimte, ontstaat zuurstofgebrek met kans op bewusteloosheid. Boven 12% kooldioxide in de lucht: bewusteloosheid en dodelijke afloop. In PUBLIKATIEBLAD P 134-5 van de Arbeidsinspectie worden uitvoerige instructies gegeven voor het veilig werken met kooldioxide. Zie ook PUBLIKATIEBLAD P 153 van de Arbeidsinspectie: 'Veiligheid in ruimten bewaakt door automatische kooldioxide brandblusinstallaties'.			
Transport Emergency Card TEC(R)-11		GEVI: 22; VN-nummer: 2187	



- M 1 Waterstof-scheidingsmembraam
- V 1 Water-gas scheiderv
- R 1 Shift-reactor
- R 2 Catalytic burner

Processchema voor de electriciteitswinning uit fosforovengas met behulp van een brandstofcel
 Fabrieksvoorontwerp no. 3059
 M.A. de Jong November 1994
 ○ Stroomnummer □ Temperatuur in °C
 ⊙ Absolute druk in bar

