

## Ontwerpgereedschap naar (onderwijs) maat gemaakt

**Citation for published version (APA):**

Schoonen, J. M. W. M., & Velde, van de, R. (1987). Ontwerpgereedschap naar (onderwijs) maat gemaakt. *I-twee werktuigbouwkunde*, 3(4), 41-45.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1987

**Document Version:**

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

# Ontwerpgereedschap naar (onderwijs) maat gemaakt

*Studenten Werktuigbouwkunde aan de TU Eindhoven maken in een practicummiddag kennis met een computerprogramma waarmee een deel van de ontwerpprocedure van een warmtewisselaar kan worden doorlopen. Het programma is ingericht zoals een professioneel ontwerper zou willen. Juist die eigenschap blijkt in de praktijk zeer gunstig te zijn voor het bereiken van het beoogde onderwijsdoel: inzicht geven in de eigenschappen van een warmtewisselaar en de manier waarop de ontwerper die kan beïnvloeden. Aan het einde van elke practicummiddag blijkt dit door vrijwel alle deelnemers te worden gewaardeerd. De auteurs beschrijven in dit artikel de structuur van het programma.*

In het onderwijsprogramma van de faculteit Werktuigbouwkunde van de TUE wordt onder meer het vak "Warmtetechnische constructies" gegeven. Daarbij hoort een practicum waarin de studenten kennis maken met de produktie van warmte in de vorm van heet water in het centrale ketelhuis van de TUE en het transport daarvan ten behoeve van de centrale verwarming van de universiteitsgebouwen. Het primaire hete water van ongeveer 130 graden C wordt naar onderstations getransporteerd waar warmtewisselaars staan voor de verdeling van de warmte over verschillende gebouwen. Een deel van het practicum bestaat uit het in de praktijk meten van onder meer het ketelrendement, het verbruikte pompvermogen en de werking van een warmtewisselaar in een van de onderstations.

Het practicum getiteld: "Ontwerpoefening bij de grondslagen van de apparatenbouw", beslaat in totaal acht middagen. Een van de middagen is bestemd om de studenten te laten kennismaken met moderne computergesteunde ontwerpmethoden. Over het daarvoor gebruikte computerprogramma gaat dit artikel.

WW-TYPE: 1	PIJPZIJDE	ROMPZIJDE
<b>ONTWERPGEGEVENS:</b>		
gem. dynamische viscositeit	: 2.600E-04	3.000E-04 kg/m.s
gem. warmtegeleidingscoef. medium	: 6.900E-01	6.700E-01 W/m.K
warmtegeleidingscoef. pijp wandmat.	: 5.000E 01	W/m.K
vervuilingsfactor	: 6.000E 03	W/m2.K
getal van Reynolds	: 7.159E 04	8.218E 04
getal van Prandtl	: 1.590E 00	1.885E 00
getal van Nusselt	: 2.210E 02	1.729E 02
warmteoverdrachtscoefficient	: 8471.35	3219.98 W/m2.K
warmtedoorgangsc. (uitw. VO)	: 33.16	1588.71 W/m2.K
inwendig VO pijpen		m2
uitwendig VO pijpen		36.85 m2
rechte pijplengte in een been van de U-vorm:		7587.02 mm
gemiddelde bocht lengte		258.83 mm
Hydraulische diameter rompzijde Dhydr: 0.036 m		
Gebruikte formules geldig voor 0.012 < Dhydr < 0.050 [m]		

Fig. 7. Overzicht van de in werkgebied LENGTEBEREKENING relevante gegevens.

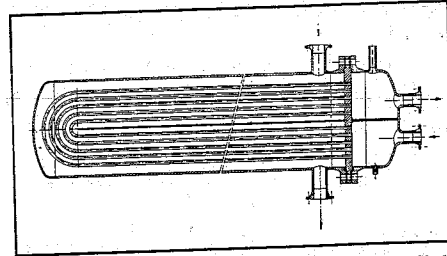


Fig. 1. Warmtewisselaar van het haarspeldtype ("Shell and Tube") zonder keerschotten met aan de pijpzijde twee passages (een heen en een terug) en aan de rompzijde ook twee passages. Pijpenpatroon: gelijkzijdige driehoek.

**Warmtewisselaarontwerp**  
 Voor een goed begrip van het doel van het computerprogramma gaan we terug naar het jaar 1971. Tot dat jaar werd het ontwerpen van een warmtewisselaar geoefend aan de hand van een soort invulformulier. Door middel van handberekeningen werd een aantal bij het ontwerp benodigde grootheden in een tevoren vastgestelde volgorde berekend. Eenmaal ingevuld was zo'n for-

mulier een verzameling samenhangende gegevens die samen het ontwerpresultaat vormden.

Ontwerpers onder de lezers zullen vertrouwd zijn met het gezegde: "Ontwerpen doe je met een vlakgom" en zullen de juistheid daarvan hebben ervaren. In die trant is ook het practicum ingericht. Het is de bedoeling dat de deelnemers ervaren hoe het ontwerpresultaat aan gestelde eisen kan worden aangepast.

Het aanpassen van de gegevens op de formulieren aan wijzigingen in het ontwerp, gaf aanleiding tot het gedeeltelijk overschrijven van ongewijzigde gegevens van een oud op een nieuw formulier en herhalen van berekeningen met gewijzigde getallen. Deze praktijk was zo arbeidsintensief dat de aandacht van het onderwijsdoel werd afgeleid. Kortom: dit practicum was een goed onderwerp om er een rekenautomaat met een er aan gekoppelde printer bij in te schakelen. Het was de tijd dat een programmeer-

R. van de Velde J.M.W.M. Schoonen



Ing. R. van de Velde is medewerker in de vakgroep WOP van de Technische Universiteit Eindhoven in de sectie Fabrieks- en Apparatenbouw onder leiding van prof. ir. J.K. Nieuwenhuizen - Ing. J.M.W.M. Schoonen is medewerker in de vakgroep WOP van de Technische Universiteit Eindhoven in de sectie Energietechniek onder leiding van prof. ir. C.W.J. Koppen.

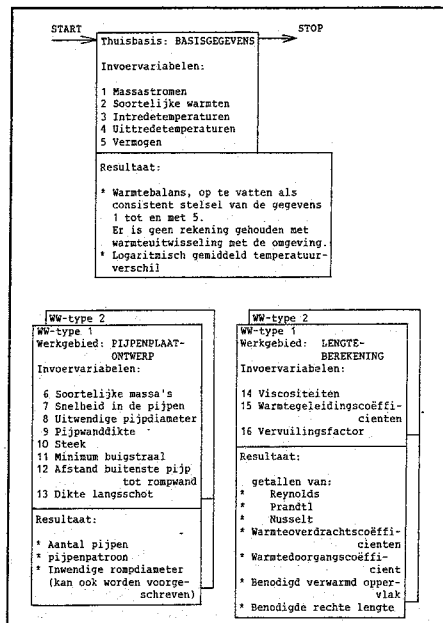


Fig. 2. Bouwstenen voor het programma WWON (Warmtewisselaar Ontwerp).

bare taferekenmachine met 2000 programmastappen ongeveer 30.000 gulden kostte. Een dergelijk apparaat is gebruikt om de eerste versie van een hulpprogramma voor het ontwerpen van een warmtewisselaar te vervaardigen. Twee personen hebben drie maanden één à twee dagen per week besteed aan het ontwerpen, installeren en testen van het gewenste programma en het gewenste effect, het overbodig maken van oninteressant en tijdrovend werk, werd inderdaad bereikt. Echter, voor onderwijsdoeleinden kleefde aan de beschikbare, volgens huidige maatstaven primitieve, apparatuur het nadeel dat slechts twee studenten tegelijk van dit nieuwe hulpmiddel gebruik konden maken.

Het gebruik van computerfaciliteiten werd sterk gestimuleerd toen in 1980 een speciaal voor de, toen nog afdeling genoemde, faculteit der werktuigbouwkunde bestemde time-sharing computer werd geïnstalleerd. Dat is de aanleiding geweest om ons ontwerpprogramma in FORTRAN te herschrijven. Bij die gelegenheid is het tevens gemoderniseerd en uitgebreid tot de versie waarover hier verslag wordt gedaan.

**Het type**

Bij de inhoudelijke beschrijving van het programma wordt gerefereerd aan de te ontwerpen warmtewisselaar. (Figuur 1).

Een cilindrische romp omhult een bundel haarspeldvormig gebogen pijpen. De pijpen zijn met hun beide uiteinden bevestigd in een pijpenplaat die de romp afsluit. De ruimte binnen de romp tussen de pijpen is toegankelijk voor het rompzijdig medium door dicht bij de pijpenplaat in de rompwand aangebrachte toe- en afvoeropeningen. Aan de pijpenplaat is een langsschot bevestigd dat de stroming van het rompzijdig medium in de langsrichting van de pijpen leidt.

De pijpenplaat is bij dit type verdeeld in twee helften; één met alle inlaatopeningen en één met alle uitlaatopeningen van de pijpen. Een ongeveer halfbolvormig deksel met daarin, door een tussenschot gescheiden, een verdeel- respectievelijk een verzamel-kamer sluit de pijpenplaat af. De ruimte binnen de pijpen is toegankelijk voor het pijpzijdig medium via een toevoeropening in de verdeelkamer en een afvoeropening in de verzamelkamer.

De functie van de warmtewisselaar is om de beide media gescheiden te hou-

den en alleen warmte van het ene naar het andere over te dragen. Voor een hoog rendement is een kleine warmte-weerstand gewenst die op zijn beurt voornamelijk wordt bereikt door een geschikte keuze van de vloeistofsnelheden. De ontwerper kan de vormgeving verder beïnvloeden door zijn keuze van onder meer de pijpdiameter, de pijpsteek, dat is de onderlinge hartafstand van de pijpen, en de keuze van de rompdiameter.

**Opzet programma**

Om het practicum een zo groot mogelijk rendement te geven, is gekozen voor een opzet die ook een professioneel ontwerper zou aanspreken. Dat betekent dat de gebruiker zich ten eerste niet belemmerd mag voelen door de extra eigenschappen die wegens het gewenste onderwijsaspect zijn ingebouwd en ten tweede dat de resultaten minstens dezelfde kwaliteit moeten hebben als die welke met de gangbare handberekening werden verkregen. Het programma is beperkt tot het warmtetechnische gedeelte van het ontwerp dat toereikend is voor het beoogde onderwijsdoel. Er is voorzien in de mogelijkheid om uitbreidingen van allerlei aard toe te voegen.

**Structuur programma**

De structuur van het programma weerspiegelt de wijze waarop een warmtewisselaar wordt ontworpen. (Figuur 2.) Het verlangde ontwerp hangt altijd af van het gewenste vermogen, de soort en de hoeveelheid van de warmtedragers en de temperaturen. Het aanleveren van de met een ontwerp samenhangende onveranderlijke gegevens, is ondergebracht in het hoofdprogramma dat we de naam "Basisgegevens" hebben gegeven. Via de bijgeleverde schriftelijke toelichting wordt aan de gebrui-

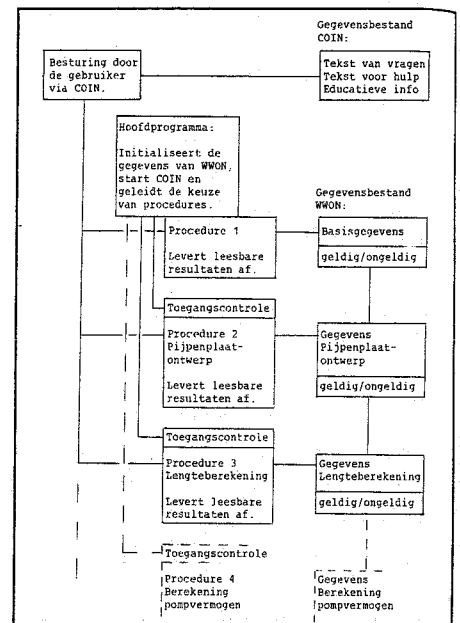


Fig. 3. Schema van de samenhang der programmaonderdelen van WWON onderling, de relatie tot COIN en de bijbehorende gegevensbestanden.

ker gesuggereerd het als thuisbasis te beschouwen. Op de thuisbasis kiest de gebruiker welke activiteit hij of zij wenst aan te vangen.

Als de basisgegevens zijn geaccepteerd, is het ontwerpen van de pijpenplaat een logisch vervolg. Daartoe verplaatst de ontwerper zich in gedachten naar het werkgebied "Pijpenplaatontwerp". In de programmatekst is dat ook een apart aangeroepen procedure die slechts toelaat de in figuur 2 genoemde grootheden 6 tot en met 13 te wijzigen. Het zijn precies alle grootheden die samen met de grootheid 1 uit Basisgegevens de met een pijpenplaat samenhangende informatie volledig vastleggen.

Als de pijpenplaat en de rompdiameter bekend zijn, kan worden overgestapt naar het werkgebied "Lengteberekening". Daar wordt na het invullen van de nog benodigde grootheden 14 tot en met 16 de lengte van de warmtewisselaar vastgesteld en samen met alle relevante informatie de ontwerper ter beoordeling aangeboden. Hiermee is beschreven welk deel van de ontwerpprocedure van een warmtewisselaar het programma bestrijkt. De mogelijkheden zijn daarmee niet uitgeput, maar uitbreiding wordt slechts overwogen als dat voor het onderwijs nodig wordt bevonden.

Figuur 3 toont de structuur van het programma. Ter toelichting een beknopte beschrijving van de wijze waarop de afzonderlijke procedures met elkaar in verband staan. De eerste reactie van het programma na de start is de presentatie van de volgende tekst aan de gebruiker:

**Technische Universiteit Eindhoven**

Faculteit der Werktuigbouwkunde  
 Vakgroep Werktuigkundig Ontwerpen voor de Pro-  
 cestechnieken (WOP)

Ontwerpen van een warmtewisselaar. Versie 2.2, dd  
 861110.

- type 1 : haarspeld, "shell and tube" zon-  
 der keerschotten.
- type 2 : het daarmee verwante type met  
 twee pijpenplaten.
- pijzijde : 2 passages (een heen, een terug).
- rompzijde : 2 passages (idem).
- pijpenpatroon: gelijkzijdige driehoek.

Stuur een lege regel als U niet weet wat te doen.  
 Geef dubbele punt (<:) voor meer informatie.  
 Sluit alle invoer af met een druk op <RETURN>.

**BASISGEGEVENS**

De tekst tot aan het wachtwoord "BASISGEGEVENS" wordt door het hoofdprogramma geproduceerd. vervolgens is de besturing overgedragen aan het gebruikers-interface-programma COIN [1] dat met het wachtwoord laat zien dat procedure 1 actief is. Op dit punt aangekomen heerst in het gegevensbestand van WWON de toestand dat alle bij de procedures 1, 2 en hoger behorende gegevens ongeldig zijn verklaard.

De gebruiker die voor de eerste maal kennis maakt met dit programma wordt geacht het advies in het aanvangsbericht op te volgen om op weg geholpen te worden. Er wordt hem niets opgedrongen, hij kan zelfs onmiddellijk stoppen door de opdracht STOP in te tikken die hij kiest uit het menu volgens figuur 4 dat hem na een druk op de <RETURN> toets wordt gepresenteerd.

Dit is voor de gebruiker het "gezicht" van COIN. COIN veronderstelt een ervaren gebruiker die het menu kent en het alleen wil zien als hij er om vraagt door <RETURN> te geven.

In het voorbeeld heeft de dubbele punt (: boven de H) de betekenis van een vraag om hulp die via COIN wordt omgezet in het presenteren van informatie die de programmeur heeft aangepast aan de plaats waar de gebruiker zich in het programma bevindt. Als de dubbele punt bijvoorbeeld wordt ingetikt na het wachtwoord "BASISGEGEVENS" wordt de opbouw en de werking van het programma gepresenteerd en wordt aangegeven welke actie er van de gebruiker wordt verwacht. Een gebruiker die COIN nog niet kent wordt daar na de opdracht HELP over ingelicht.

Het ontwerpproces start na de opdracht NIEUWE INVOERGEGEVENS die blijkens het menu mag worden afgekort tot N. Als de gebruiker de daar op volgende serie vragen juist beantwoordt, ontstaat in het gedeelte Basisgegevens van het WWON-gegevensbestand een consistent stelsel gegevens. Die gegevens worden ook direct op de terminal weergegeven. Het bijbehorende "ongeldig" signaal wordt naar waarheid in "geldig" veranderd.

Als de gebruiker besluit om de pijpenplaat te gaan ontwerpen kiest hij uit het menu de opdracht P waarmee hij in feite opdracht geeft om te worden verplaatst naar procedure 2. De toegangscontroles van de procedures 2 en 3 testen het "geldig" signaal van de hiërarchisch een niveau lagere procedures 1 respectievelijk 2.

De suggestie dat de gebruiker zich in een ander werkgebied bevindt wordt ondersteund door de bij de werkgebieden behorende wachtwoorden "PIJPENPLAAT-ONTWERP" en "LENGTE-BEREKENING" die telkens verschijnen als er een opdracht van hem wordt verwacht. Kenmerkend is dat de procedures alle gegevens mogen lezen, maar alleen hun eigen gegevens, en de geldig/ongeldig signalen van hiërarchisch hogere bestand-onderdelen, mogen veranderen.

**Weergave ontwerpresultaat**

Naarmate het ontwerp vordert krijgt de gebruiker de resultaten onmiddellijk nadat ze beschikbaar zijn gepresenteerd in hoogstens 22 regels tekst zodat ze op elk standaard video scherm passen. De resterende twee regels zijn nodig voor meldingen aan de gebruiker over de programma-omgeving.

Alle gegevens en resultaten kunnen per werkgebied worden "doorgebladerd". Als de gebruiker de gegevens in een gegevensbestand met ongeldige resultaten inspecteert worden hem geen berekeningsresultaten getoond, maar krijgt hij alleen de aanwezige invoergegevens gepresenteerd met de mededeling dat er nog geen berekening mee is uitgevoerd.

De figuren 5, 6, 6a en 7 tonen de resultaten-overzichten van "Basisgegevens", "Pijpenplaatontwerp" en "Lengteberekening". De onderstreepte getallen zijn door de ontwerper inge-

voerd, alle andere zijn berekende waarden.

De snelheid in de pijpen is onderstreept weergegeven alsof de ontwerper die heeft ingevoerd. In werkelijkheid is een rond getal als richtwaarde gegeven en is het getal dat er staat berekend op grond van het aantal pijpen dat binnen de romp past. De weg die tot dit resultaat leidt is als volgt:

1. De ontwerper specificeert een richtwaarde voor de gewenste snelheid in de pijpen.
2. Het programma berekent het daarbij behorende aantal pijpen, rondt dat af op een geheel getal en bepaalt de rompdiameter waar dat aantal in onder te brengen is.
3. De ontwerper gebruikt de afgeleverde rompdiameter als richtwaarde voor de keuze van een technisch verantwoorde maat.
4. Het programma berekent voor de gekozen diameter het pijpenpatroon dat de meeste pijpen binnen die diameter heeft.
5. De snelheden in en om de pijpen worden opnieuw berekend.

**Ontwerpactiviteiten**

Een programma waarmee gemakkelijk veranderingen in een gedeeltelijk gevorderd, of in een compleet ontwerp kunnen worden aangebracht, maakt op een ontwerper een prettige indruk. Het werkt dan zelfs uitnodigend om het effect van een verandering te onderzoeken omdat hij niet tegen het werk opziet zoals voorheen met de handberekeningen het geval was.

In elk van de drie procedures kan het effect van wijzigingen worden bestudeerd. Een procedure die een wijziging aanbrengt in het erbij behorende gegevensbestand maakt de "geldig" signalen in alle hiërarchisch hogere bestanden "ongeldig". De overige aanwezige gegevens blijven ongewijzigd. Dit mechanisme maakt ten eerste dat de gebruiker beschermd wordt tegen onjuiste gevolgtrekkingen en ten tweede dat alle reeds ingetikte gegevens behouden blijven. De gebruiker moet bewust de hogere procedures in de juiste volgorde doorlopen om de te berekenen resultaten weer in geldige toestand te brengen. De bestaande invoergegevens kunnen bij die actie op zeer eenvoudige wijze opnieuw worden gebruikt.

**Ondersteuning door COIN**

COIN is een krachtig hulpmiddel om

## APPARATENBOUW

ontwerpactiviteiten te ondersteunen. Het beste laten we dat zien aan de hand van een voorbeeld. Stel dat de gegevens van WWON tot en met Lengteberekening geldig zijn en dat de gebruiker, die zich in het werkgebied LENGTEBEREKENING bevindt, het effect wil zien van het vergroten van de rompdiameter.

Het videoscherm van de terminal toont: LENGTE - BEREKENING) - en na een druk op <RETURN> verschijnt het menu. Om het voorbeeld kort te houden laten we zien hoe de teksten op de terminal verschijnen waarbij de invoer die de gebruiker geeft door *cursor* wordt onderscheiden van de andere tekst. Voor de rust in het tekstbeeld laten we de aanduiding van <RETURN> weg na alle niet-lege invoer-regels.

LENGTE - BEREKENING)  
<RETURN>

T - TERUG - NAAR - BASISGE-  
GEVENS  
P - PIJPENPLAATONTWERP  
N - NIEUWE - INVOERGE-  
GEVENS  
O - OVERZICHT - GEGEVENS  
V - VERANDER - INVOERGE-  
GEVENS  
K - KEUZE - VAN - TYPE -  
WARMTEWISSELAAR  
I - INFORMATIE - OVER -  
STOFEIGENSCHAPPEN  
F - FORMULES

LENGTE - BEREKENING)P  
WW - TYPE: 1  
PIJPENPLAAT - ONTWERP) <RE-  
TURN>

T - TERUG - NAAR - BASISGE-  
GEVENS  
L - LENGTEBEREKENING  
N - NIEUWE - INVOERGE-  
GEVENS  
O - OVERZICHT - GEGEVENS  
V - VERANDER - INVOERGE-  
GEVENS  
S - SCHETS - PIJPENPATROON  
K - KEUZE - VAN - TYPE -  
WARMTEWISSELAAR

PIJPENPLAAT - ONTWERP) V  
WW - TYPE: 1  
VERANDER) <RETURN>

P - PIJPENPATROON  
D - DIAMETER - ROMP  
S - SNELHEID - IN - PIJPEN  
SMP - SMP - SOORTELIJKE -  
MASSA - PIJZIJDE  
SMR - SMR - SOORTELIJKE -  
MASSA - ROMPZIJDE

VERANDER) D  
inwendige rompdiameter in mm (350.):  
375

Een eigenschap van COIN is dat tussen haakjes bij een vraag een suggestie voor een antwoord wordt gegeven. In dit voorbeeld is het de heersende oude

waarde van de rompdiameter. De gebruiker hoeft om die waarde over te nemen slechts <RETURN> te geven. In dit voorbeeld is dat niet gedaan, maar is een nieuwe waarde ingevoerd. Het resultaat van die actie ziet er als volgt uit:

### Ontwerpgegevens Pijpzijde Rompzijde

Massastroom	:	10.0000	20.0000 kg/s
Soortelijke massa	:	950.0000	962.0000 kg/m <sup>3</sup>
Volumestroom	:	0.0105	0.0208 m <sup>3</sup> /s
Snelheid	:	0.9401	0.6130 m/s

Uitw. pijpdiameter	:	20.00 mm, pijpwanddikte	:	1.00 mm
Pijpsteek	:	30.00 mm		
Minimum buigstraal	:	40.00 mm, dikte langschot	:	40.00 mm
Minimaal toegelaten afstand hart pijp - rompwand			:	20.00 mm
Aantal pijpen	:	44		
Inwendige rompdiameter			:	375.00 mm
Minimum diameter voor		44 pijpen	:	367.74 mm.

WW - TYPE: 1  
PIJPENPLAAT - ONTWERP)

De pijpenplaatgegevens zijn nu opnieuw geldig maar wegens de wijziging in procedure 2 zijn die van Lengteberekening ongeldig geworden.

De gebruiker kan gebruik maken van de eigenschap van COIN dat hij opdrachten en antwoorden op vragen vooruit mag intikken. Stel dat hij achter het wachtwoord PIJPENPLAAT - ONTWERP) intikt: L O, als afkorting voor LENGTEBEREKENING OVERZICHT dan krijgt hij het volgende beeld:

### Ontwerpgegevens : Pijpzijde Rompzijde

gem. dynamische viscositeit	:	2.600E-04	3.000E-04 kg/m.s
gem. warmtegeleidingscoef. medium	:	6.900E-01	6.700E-01 W/m.K

warmtegeleidingscoef. pijpwandmat.:	:	5.000E 01 W/m.K
vervuilingsfactor	:	6.000E 03 W/m <sup>2</sup> .K

Bovenstaande gegevens zijn aanwezig.

Er is nog geen lengteberekening mee uitgevoerd.

Deze of nieuwe gegevens verwerken gebeurt na de opdracht:  
NIEUWE - INVOERGEVENS.

Alle aanwezige gegevens overnemen kan snel met: N onmiddellijk gevolgd door puntkomma.

WW - TYPE: 1  
LENGTE - BEREKENING)

Uitvoering van de laatste aangegeven mogelijkheid levert onmiddellijk een nieuw overzicht overeenkomstig figuur 7 op met de oude gegevens maar met nieuw berekende resultaten.

Een van de sterke punten van COIN is de mogelijkheid een rij opdrachten en antwoorden vooruit in te tikken. Het beschreven voorbeeld toont hoe een beginnende gebruiker vooruit geholpen wordt. Een ervaren gebruiker neemt een kortere weg naar het doel; de nieuw uit te rekenen lengte, als volgt:  
LENGTE - BEREKENING)P V D  
375 L N;

en krijgt direct een nieuw overzicht ver-  
toond met de nieuwe lengte en de daar-  
bij behorende relevante grootheden.  
De practicumdeelnemers hebben dit  
snel door en maken er dankbaar ge-  
bruik van.

### Onderwijsaspecten

De onderwijsaspecten zijn van tweeër-

lei aard. Ten eerste het oorspronkelijke doel van het practicum: inzicht verschaffen in de eigenschappen van een warmtewisselaar en de manier waarop een ontwerper die kan beïnvloeden. Ten tweede datgene wat door middel

van de computerondersteuning moge-  
lijk is geworden: het per student over-  
zichtelijk aanbieden van leerzame in-  
formatie op het moment dat hij daar  
behoefte aan heeft. Dit laatste ontstaat  
enerzijds doordat in korte tijd meerdere  
ontwerpresultaten kunnen worden vere-  
geleken en anderzijds doordat met  
COIN effectieve hulp kan worden ge-  
boden. Als bijvoorbeeld de student de  
vraag voorgelegd krijgt:

viscositeit pijpzijdig medium in kg/m.s  
(1.OE-3):

kan hij als antwoord de dubbele punt  
intikken en krijgt dan met bronvermel-  
ding een lijstje met voor verschillende  
stoffen de viscositeit bij verschillende  
temperaturen in de juiste eenheden ver-  
toond. Hij krijgt daardoor een indruk  
van de grootte van de gevraagde waarde  
en de temperatuurafhankelijkheid  
daarvan.

- H - HELP
- N - NIEUWE\_INVOERGEGEVENS
- K - KEUZE\_GELIJK\_OF\_TEGENSTROOM
- P - PIJPENPLAATONTWERP
- L - LENGTEBEREKENING
- ST - STOP

BASISGEGEVENS >

Fig. 4. Menu van procedure 1.

BASISGEGEVENS (warmtebalans):	PIJPZIJDE	ROMPZIJDE
massastroom in kg.s-1	10.0000	20.0000
soortelijke warmte in kJ.kg-1.C-1	4.2200	4.2100
intredetemperatuur in Celsius	130.0000	70.0000
uittredetemperatuur in Celsius	90.0000	90.0475
capaciteit in kW	1687.9995	
Tegenstroom delta Tln:	28.8348 Celsius	

Fig. 5. Schermbeeld met het overzicht van de in BASISGEGEVENS relevante gegevens.

ONTWERPGEGEVENS:	PIJPZIJDE	ROMPZIJDE
Massastroom	10.0000	20.0000 kg/s
Soortelijke massa	950.0000	962.0000 kg/m <sup>3</sup>
Volumestroom	0.0105	0.0208 m <sup>3</sup> /s
Snelheid	1.0886 *	0.7124 m/s
Uitw. pijp diameter:	20.00 mm	pijpwanddikte : 1.00 mm
Pijpsteek	30.00 mm	
Minimum buigstraal:	40.00 mm	dikte langsschot : 40.00 mm
Minimaal toegelaten afstand hart pijp - rompwand:	20.00 mm	
Aantal pijpen	38	
Inwendige rompdiameter	: 350.00 mm *	
Minimum diameter voor	38 pijpen: 341.59 mm.	

Fig. 6. Overzicht van de in werkgebied PIJPENPLAATONTWERP relevante gegevens.

WW-TYPE:	1	
	--- ! --- langsschot ---	
1:	10	! o o o o o
2:	9	o o o o o
3:	8	! o o o o
4:	7	o o o o
5:	4	! o o
Uitw. pijp diameter:	20.00 mm	pijpwanddikte : 1.00 mm
Pijpsteek	30.00 mm	
Minimum buigstraal:	40.00 mm	dikte langsschot : 40.00 mm
Minimaal toegelaten afstand hart pijp - rompwand:	20.00 mm	
Aantal pijpen	38	
Inwendige rompdiameter	: 350.00 mm	
Minimum diameter voor	38 pijpen: 341.59 mm.	

Fig. 6a. Extra informatie in PIJPENPLAATONTWERP in de vorm van een ruwe schets van het pijpenplaatpatroon. Dit beeld verschijnt slechts na de opdracht SCHETS PIJPENPATROON.

Op dezelfde wijze leren de deelnemers dat de soortgelijke massa van water bij dit soort toepassingen beduidend kan afwijken van de in oefenvraagstukken gemakshalve veel gebruikte waarde van 1000 kg/m<sup>3</sup>.

Het gemak waarmee via de dubbele punt dergelijke informatie kan worden opgeroepen vormt een stimulans om die bij het invoeren van gegevens te gebruiken en zo de kwaliteit van het ontwerp te verbeteren. Tijdens het practicum wordt geoefend

hoe de lengte van een warmtewisselaar kan worden aangepast aan een beschikbare ruimte waar de warmtewisselaar in moet worden opgesteld. Het gemak waarmee wijzigingen kunnen worden bestudeerd maakt dat ook bijvoorbeeld het opsplitsen van het vermogen over twee warmtewisselaars in dezelfde middag aan de orde kan komen. Door middel van persoonlijke begeleiding worden de deelnemers gewezen op alle mogelijkheden die het programma biedt voor zover ze die niet zelf ontdekken, of nog niet kunnen weten omdat ze nog geen ervaring hebben met het ontwerpen van warmtewisselaars.

**Slotopmerking**

Het programma WWON laat zich gebruiken als een professioneel gereedschap waarmee de hoeveelheid geldige gegevens betreffende een warmtewisselaar groepsgewijs kan worden vergroot. Het maakt deel uit van een practicum waarin de warmtewisselaar als onderdeel van een grotere installatie voorkomt. Het programma is ingericht om twee typen warmtewisselaars met dezelfde temperaturen en hetzelfde vermogen, doch overigens onafhankelijk van elkaar te kunnen ontwerpen, echter zodanig dat ze gemakkelijk onderling zijn te vergelijken. Dit aspect wordt benut in een andere sectie van de vakgroep die zich bezighoudt met onderhoudsaspecten en levensduurkosten van apparaten.

De eerstvolgende uitbreiding die op het programma staat is het toevoegen van een procedure voor het berekenen van de pompverliezen; een aspect dat in weer een ander deel van het practicum aan de orde komt.

Er wordt steeds naar gestreefd de kop van dit artikel waar te maken en er voor te zorgen dat het gereedschap het onderwijs dient. Doordat het programma op een time-sharing computersysteem is geïnstalleerd, is het via meerdere terminals tegelijk toegankelijk hetgeen voor practicumdoeleinden gewenst is. Het is daardoor ook buiten de practicumtijden beschikbaar voor alle studenten en medewerkers van de faculteit die toegang tot het systeem hebben. Het effect van de toegankelijkheid via meerdere terminals zou overigens ook verwezenlijkt kunnen worden door het programma op een aantal personal computers te installeren.

Onze ervaring tot nu toe is dat de gebruikers enthousiast reageren op de professionele kwaliteit van het programma en daardoor in een middag meer van het practicum opsteken dan vroeger met de beperkte hulpmiddelen van toen mogelijk was.

**Literatuur**

1. Beukering, L.H.Th.M. van, en J.P.A. Banens, Systematiek en uniformiteit in de mens/machinecommunicatie - Ervaringen bij de inzet van een standaard gebruikersinterface. Ontwikkelingen rond CAD/CAM, Congresbijdragen CAPE'85. Samsom Uitgeverij, Alphen aan de Rijn - Brussel 1985.