

Micro-computers in de geohydrologie

Inleiding

In dit artikel wordt beoogd een inzicht te geven in de snelgroeende markt van micro-computers en hun betekenis voor de geohydrologie. Voor instanties die niet over eigen computerfaciliteiten beschikken, maar toch een behoefte voelen om een greep te krijgen op een toenemende hoeveelheid informatie, kan het bezit van een micro-computer een belangrijk stuk gereedschap betekenen. Ook indien men de beschikking heeft over een mini-computer en/of een lijnverbinding met een reken-



G. K. BROUWER
Dienst Grondwaterverkenning
TNO, Delft

centrum, kan een micro-computer een efficiënt hulpmiddel zijn. Een micro-computer kan het best worden gekenschetst naar zijn capaciteit om informatie te verwerken. Als zodanig biedt een micro-computer aanzienlijk meer mogelijkheden dan een zakrekenmachine. Voor omvangrijke rekenproblemen is een micro-computer minder geschikt. De beperkte geheugengrootte laat niet toe dat op relatief snelle wijze bijvoorbeeld een stelsel van honderd vergelijkingen en evenzovele onbekenden kan worden opgelost. Een belangrijk aspect bij de verwerking van gegevens is de beschikbaarheid van instructies (programma) om een specifiek probleem op te lossen.

Bij de beoordeling van de prijs-prestatieverhouding van een micro-computer is het dan ook noodzakelijk de ter beschikking staande programmatuur bruikbaar in de geohydrologie te inventariseren. Alvorens op deze programmatuur en de benodigde apparatuur wordt ingegaan, lijkt een globale kenschetsing van geohydrologische toepassingen zinvol.

Geohydrologische probleemafbakening

Het geohydrologisch systeem, gekenmerkt door een groot aantal variabelen en parameters, kan worden opgesplitst in deelsystemen. In dit artikel zal de nadruk liggen op kwantitatieve aspecten van het grondwaterdeelsysteem.

— Voor een adequate benadering van diverse controles, rapportages en probleemstudies is een doelmatig bestand aan grondwatergegevens noodzakelijk. Het efficiënt invoeren van gegevens, de organisatie van de opgeslagen gegevens en het onttrekken van gegevens aan dit bestand zijn

kenmerkende activiteiten binnen een informatiesysteem.

— Grondwaterstanden kunnen in een tijdsafhankelijk en in een ruimtelijk verband worden beschouwd. Het tijdsafhankelijke karakter van de grondwaterstand op een bepaalde locatie wordt veelal weergegeven in een tijdstijghoogteverlooplijn. Indien sprake is van meerdere watervoerende pakketten, dienen evenzovele tijdstijghoogteverlooplijnen te worden gepresenteerd. Voor klimatologisch langjarige verschijnselen, zoals een afwisseling van relatief droge en natte jaren, is het tekenen van deze tijdstijghoogteverlooplijnen een tijdrovende bezigheid. Voor de weergave van het ruimtelijk verloop van de grondwaterstand in een watervoerend pakket kan een contourkaart of isohypsenkaart dienen. Een belangrijk aspect van deze presentatie is de detectie van foutieve waarnemingen.

— Voor een analyse van het grondwaterstandsverloop in de tijd en ruimte zijn veelal statistische bewerkingen gewenst. Correlatieberekeningen van grondwaterstandsreeksen zijn een belangrijk hulpmiddel bij het aantonen van significante wijzigingen in het grondwaterstandsverloop door al dan niet natuurlijke oorzaken. Een extreme waardenanalyse van grondwaterstanden is een ander voorbeeld met aanwijsbare geohydrologische importantie.

— Bij een schematische weergave van de ondergrond bestaan voor grondwaterstroming analytische oplossingen. Voor relatief eenvoudige schematisaties (een of twee watervoerende pakketten in een verticaal profiel en tijdsafhankelijke probleemstelling) kan de grondwaterstroming worden gekwantificeerd. Indien een gedetailleerd beeld van de gemodelleerde stroming is vereist, vergt dit veel rekentijd. Een grafische weergave van de modelresultaten dient als belangrijke ondersteuning bij de interpretatie.

— Ter bepaling van bodemparameters, zoals doorlaatvermogen, verticale hydraulische weerstand en bergingscoëfficiënt, worden veelal put- en pompproeven uitgevoerd. Interpretatie van grondwaterstandsgegevens, de onttrokken hoeveelheid grondwater (en bij pompproeven de onderlinge afstand van waarnemingsfilters), is een omvangrijke rekenpartij. Grafische weergave van de grondwaterstandsverlaging geeft ook hier een belangrijke ondersteuning.

— Voor gecompliceerde grondwaterstromingsproblemen is het vaak noodzakelijk een numeriek model te gebruiken. Voor een groot aantal waarnemingslocaties en bij een omvangrijk bestand aan gegevens

die het systeem karakteriseren, is een groot aantal wiskundige bewerkingen nodig. Indien de probleemstelling een tijdsafhankelijk karakter heeft, betekent dit een evenzoveel maal langere rekentijd als er tijdstippen worden gemodelleerd. Voor interpretatie van de resultaten spelen ook hier de grafische weergave van ingevoerde waarnemingen in het rekenmodel en de uitkomsten ervan een belangrijke rol.

In het bovenstaande is een globale kenschetsing gegeven van enige kwantitatieve benaderingen van het grondwaterdeelsysteem.

Kwalitatieve aspecten, zoals het weergeven van chemische analyses, etc. kunnen ook omvangrijke bewerkingen vereisen. Voor deze problematiek, inclusief het verwerken van meteorologische, bodemkundige en oppervlaktewatergegevens, geeft dit artikel mogelijk een handvat tot een nadere oriëntatie.

Hoewel niet specifiek geohydrologisch gericht, zijn er nevenwerkzaamheden welke een kanalisatie van de informatie vereisen. Te denken valt hierbij aan tekstverwerking, planning van werkzaamheden, opleiding in het gebruik van rekensystemen en voorraadadministratie.

De micro-computer

Micro-computertechnologie is gebaseerd op een micro-processor. De eerste micro-processor werd ontwikkeld door Intel Corporation. De micro-processor eenheid bestaat uit een silicium kristal van zeer kleine afmetingen ($25 \text{ m}\mu^2$). Alle rekenkundige en logische functies worden uitgevoerd in deze zogenaamde chip. Een micro-computer kan qua rekenprestaties geplaatst worden tussen een zakrekenmachine en een mini-computer. De micro-computer heeft, naast de eigenschappen van de zakrekenmachine, het voordeel dat een groter geheugen ter beschikking staat. Bovendien is een grote vrijheid aanwezig met betrekking tot aan te sluiten randapparatuur en kunnen hogere programmeertalen worden gebruikt. Als nadeel van de huidige micro-computers geldt misschien de kwetsbaarheid ten aanzien van mechanische schade.

De programmatuur voor wetenschappelijke en technische berekeningen is in beperkte mate aanwezig. Besturingssystemen voor micro's zijn veelal beperkt in hun flexibiliteit; in dit opzicht gaat de voorkeur duidelijk uit naar mini-computersystemen en grote zogenaamde main-frames. De toenemende geheugencapaciteit bij micro-computers is voor geohydrologische toepassingen een winstpunt.

TABEL - Vergelijking van micro-computersystemen, gebaseerd op test-verslagen verschenen in Databus en eigen ervaring (Apple II, HP-85 en TRS80-III).

	Apple II	HP-85	IBM	Superbrain	TRS 80-III
max. kerngeheugen	48Kb	32Kb	192Kb	64Kb	48Kb
max. achtergrondgeheugen	11Mb	600Kb	6x160Kb	96Mb	4 x 172Kb
snelheid Basic-interpret	75	70	56	54	111
oploss. vermogen beeldscherm	280 x 192	256 x 192	250 x 640	—	128 x 48
regel x karakters per regel	25 x 40	16 x 32	25 x 80	25 x 80	16 x 64
software ondersteuning	+	+	□	++	++
documentatie	++	+	++	—	□
wetenschappelijke toepassingen	+	+	+	+	—
referenties Databus-test		mrt. 80	feb. 82	mei 81	aug. 81

(++ : uitstekend, + : goed, □ : redelijk, — : matig).

Randapparatuur

De volgende randapparatuur kan worden aangesloten op een micro-computer (afb. 1).

Printer: een overdraagbare copie van de computeruitvoer kan worden verkregen door de tekst op het beeldscherm weg te schrijven naar een regel- of karakter-drukker.

Cassette: de cassette-eenheid is vergelijkbaar met een magnetische tape eenheid van een groot computersysteem. Programmatuur en gegevens kunnen in grote hoeveelheden op cassette worden weggeschreven en ook weer worden ingelezen in het centrale geheugen van de micro-computer.

Diskette: de koppeling van een diskette stelt de gebruiker in staat om snel meer gecompliceerde bewerkingen uit te voeren.

Uit een groot aantal micro-computer-systemen is een aantal systemen geselecteerd voor professioneel gebruik (zie tabel). In deze tabel zijn enige aspecten van micro-computersystemen verenigd die een globale indicatie voor hun toepassingsgebied geven. Indien het accent op rekenkundige bewerkingen ligt, kan beter een ruime hoeveelheid kerngeheugen worden gekozen. Met betrekking tot het achtergrondgeheugen dient te worden vermeld, dat voor een omvang uitgedrukt in Mbytes (1 Mb = 1000 Kb) men is aangewezen op relatief dure zogenaamde 'harde' schijven. Bij grote hoeveelheden gegevens die snel

verwerkt moeten worden, is de beschikking over achtergrondgeheugen noodzakelijk. Micro-computers zijn relatief traag ten opzichte van mini-computersystemen. Bij de 5 micro's komen relatief grote verschillen voor in rekensnelheid. Het oplossend vermogen geeft aan hoeveel posities op het beeldscherm gedefinieerd kunnen worden. Naarmate het oplossend vermogen groter is, wordt een scherpere weergave op het beeldscherm verkregen. De verder vermelde aspecten spreken voor zich. Voor geohydrologische toepassingen is een betrouwbare plotter een onmisbaar maar ook relatief duur randapparaat. Alle genoemde micro's beschikken over een plotter-aansluiting. De prijs is sterk afhankelijk van de randapparatuur en meegeleverde programmatuur. Globaal kan worden gesteld dat de prijs varieert van ca. f 10.000,— tot ca. f 15.000,— voor complete systemen zonder plotter of harde schijven.

Programmatuur

Hetgeen door de apparatuur wordt gepresteerd is afhankelijk van de programmatuur. De programmatuur kan worden onderverdeeld in machine afhankelijke besturingsprogrammatuur en machine 'onafhankelijke' toepassingsgerichte programma's. Voor deze laatste categorie is een hogere programmeertaal een nagenoeg onmisbare optie. Micro-computers maken veelal gebruik van de Basic-programmeertaal. Evenwel bestaan ook systemen die kunnen worden uitgerust met Fortran en/of Pascal. Met name Fortran is van belang omdat veel geohydrologische programma's in deze taal zijn geschreven. Daar staat tegenover dat Fortran minder gebruikersvriendelijk is dan Basic. Een groot aantal subroutines in Basic voor wiskundige vraagstellingen zijn gegeven in Anonymus [1973]. Voor een aantal micro-computers wordt grafische programmatuur geleverd.

Veel minder bekend is dat ook database management systemen (DBMS) voor micro-computersystemen zijn en worden ontwikkeld. Deze DBMS-programma's kunnen variëren van het benaderen van een tot meerdere groepen gelijksoortige gegevens

(files). De minimaal benodigde geheugengrootte bedraagt 48K bytes. Sortering van gegevens, hulpmiddelen bij het invoeren van deze gegevens en eenvoudige statistische bewerkingen zijn bij goede DBMS-programma's ingebouwd.

In het bestek van dit artikel kan niet uitvoerig op alle categorieën programmatuur worden ingegaan. Volstaan wordt met een drietal voorbeelden die het gebruik van micro-computers in de geohydrologie illustreren.

Voorbeeld 1: Weergave van tijdstijghoogtelijnen

Ter illustratie van gegevenstransport tussen diskette en het centrale, geheugen en grafische weergave van de gegevens is een klein programma in Basic geschreven.

Met behulp van onderstaand programma (afb. 2) kunnen 3 tijdstijghoogtelijnen op het beeldscherm worden weergegeven. Bij dit programma is er vanuit gegaan dat 3 reeksen met ieder 72 waarnemingen op een diskette zijn opgeslagen.

Voorbeeld 2: Grondwaterstroming: analytische oplossing.

Bij gegeven freatische niveaus in het af-

Afb. 2 - Basic programma voor de weergave van 3 tijdstijghoogte-verlooppijnen.

```

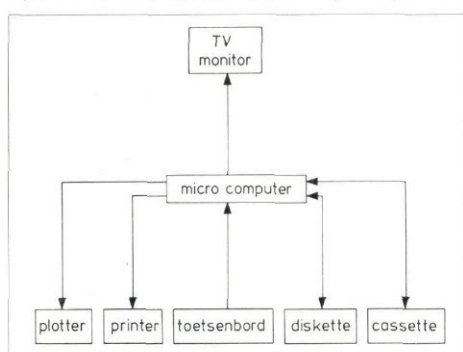
LIST
@ REM GRAPHICS-GR WATER LEVEL TIME SERIES
1 DIM GWST(120,3)
11 DIM MP(3),SM(9)
12 NW = 72
15 D$ = CHR$(4): REM CHR$(4)=CTRL-D
16 PRINT D$;"OPEN GWST S"
17 PRINT D$;"READ GWST S"
18 FOR J = 1 TO 3
19 FOR I = 1 TO NW
20 INPUT GWST(I,J)
21 NEXT I,J
22 PRINT D$;"CLOSE GWST S"
200 MP(1) = 1537
250 MP(2) = 1729
300 MP(3) = 1658
350 FOR I = 1 TO NW
400 FOR J = 1 TO 3: IF GWST(I,J) = 9999 THEN 500
450 GWST(I,J) = MP(J) - GWST(I,J)

500 NEXT J,I
501 HGR
502 HCOLOR= 7
506 XO = 10:YO = 250
508 XS = 3:YS = 7.5
509 FOR I = 1 TO 3
510 HPLLOT XO,YO - GWST(1,I) / YS

515 FOR J = 2 TO NW
518 IF GWST(J,I) = 9999 THEN 525
520 HPLLOT TO XO + XS * J,YO - GWST(J,I) / YS
525 NEXT J
530 NEXT I
8950 END

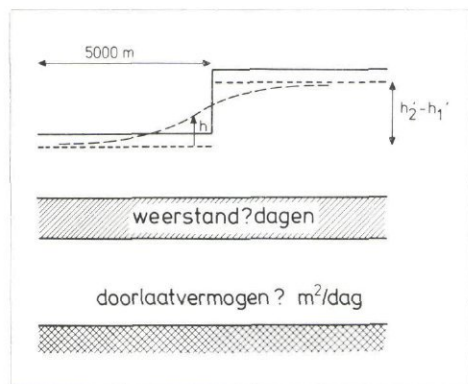
```

Afb. 1 - Schema van een micro-computersysteem.



dekkende pakket kan het verloop van het piezometrisch niveau in het watervoerend pakket berekend worden [Edelman, 1972]:

$$h = 0.5 * (h_2^1 - h_1^1) * e^{-a/\sqrt{kDc}}$$



Afb. 3 - Schematische verticale doorsnede van de ondergrond en de analytische oplossing voor het stijghoogteverloop (gestippelde lijn).

Afb. 5 - Basic programma voor de numerieke oplossing van het stijghoogteverloop bij stationaire driedimensionale stroming (voorbeeld 3).

```

10 DIM CO(100,2),PH(100),P6(100),N(100),SU(100)
20 DIM NL(120,2),TR(120),RE(120)
30 DIM PS(100),PR(120)
40 DIM P(100,1),R(100,1),ST(100,12)
50 DIM X(2),Y(2),R(3),C(3),D(3)
60 DIM PA(3,3),PB(3,3)
70 REM MAX NO OF NODES IS 100, ELEM 120
80 READ N,H,M,A,K
85 PI = 22 / 7
90 FOR I = 1 TO N
100 READ CO(I,1),CO(I,2),PH(I),PD(I),NT(I)
110 NEXT I
120 FOR J = 1 TO M
130 READ NL(J,1),NL(J,2),NL(J,3),TR(J),RE(J),PR(J)
135 NEXT J
140 FOR I = 1 TO N:SU(I) = 0.0: NEXT I
150 PRINT "NODE COORD'S OF NODES: HEAD * SUPPLY"
160 PRINT "*****"
165 FOR I = 1 TO N
170 PRINT I: TAB(10): CO(I,1): TAB(15): CO(I,2): TAB(20): PH(I): TAB(30): SU(I)
180 IF (NT(I) = 0) THEN 200
190 PRINT "*****"
200 NEXT I
210 PRINT "PROPERTIES OF ELEMENTS"
220 PRINT "ELEM * NODES * TRANSMISS * RESIST * PRECIP"
225 PRINT "*****"
230 FOR J = 1 TO M
240 PRINT J: TAB(7): NL(J,1): TAB(10): NL(J,2): TAB(13): NL(J,3): TAB(18): TR(J): TAB(24): RE(J): TAB(31): PR(J)
250 NEXT J
260 REM GENERATION OF POINTER MATRIX
265 FOR I = 1 TO N
270 FOR J = 1 TO M
280 IF (NL(J,1) = I) THEN 295
285 NEXT J
290 GOTO 280
295 FOR II = 1 TO 3
300 JJ = NL(J,II)
310 FOR L = 1 TO 3
320 IF (NT(II) = JJ) THEN 370
330 NEXT L
340 K = K + 1
350 ET(I,K) = JJ
360 ET(I,12) = K
370 NEXT I
380 REM MAIN PROGRAM
400 FOR I = 1 TO N
410 FOR J = 1 TO 11
420 P(I,J) = 0.0
422 R(I,J) = 0.0
430 NEXT J,I
440 FOR I = 1 TO M
450 XM = 0.0: YM = 0.0
460 FOR K = 1 TO 3
470 J = NL(I,K)
480 X(K) = CO(J,1): Y(K) = CO(J,2)
490 XM = XM + X(K): YM = YM + Y(K)
500 NEXT K
510 XM = XM / 3.0: YM = YM / 3.0
520 FOR K = 1 TO 3
530 X(K) = X(K) - XM: Y(K) = Y(K) - YM
540 NEXT K
550 B(1) = Y(2) - Y(3): B(2) = Y(3) - Y(1): B(3) = Y(1) - Y(2)
560 C(1) = X(3) - X(2): C(2) = X(1) - X(3): C(3) = X(2) - X(1)
570 D(1) = X(1) * Y(2) - X(2) * Y(1)
580 D(2) = X(2) * Y(3) - X(3) * Y(2)
590 D(3) = X(3) * Y(1) - X(1) * Y(3)
600 DE = ABS(X(1) * B(1) + X(2) * B(2) + X(3) * B(3))
610 AP = TR(1) / (2.0 * DE)
620 AR = 0.5 / (RE(1) * DE)
630 S1 = (X(1) * X(1) + X(2) * X(2) + X(3) * X(3)) / 12.0
640 S2 = (Y(1) * Y(1) + Y(2) * Y(2) + Y(3) * Y(3)) / 12.0
650 S3 = (Y(1) * Y(1) + Y(2) * Y(2) + Y(3) * Y(3)) / 12.0
660 FOR J = 1 TO 3
670 FOR I = 1 TO 3
680 PA(I,J) = AP * (B(I) * B(J) + C(I) * C(J) + D(I) * D(J))
690 A = PA(1,1) * D(1) + PA(2,1) * D(2) + PA(3,1) * D(3)
700 A = A + S2 * (R(1) * C(1) + R(2) * C(2) + R(3) * C(3))
710 PA(1,1) = AR * A
720 PA(1,1) = PA(1,1) + RA(1,1)
730 NEXT J,I
740 FOR J = 1 TO 3
750 JJ = NL(I,J)
760 II = ET(J,12)
770 FOR K = 1 TO II
780 FOR L = 1 TO 3
790 IF (NL(I,L) = ET(J,K)) THEN 810
800 GOTO 840
810 P(J,K) = P(J,K) + PA(J,K)
820 R(J,K) = R(J,K) + RA(J,K)
830 GOTO 850
840 NEXT L
850 NEXT K,J
860 FOR L = 1 TO 3
870 K = NL(I,L)
880 SU(K) = SU(K) + DE * PR(I) / 6.0
890 NEXT L,I
900 REM GAUSS SEIDEL ITERATION
910 FOR I = 1 TO N
920 PS(I) = PH(I): NEXT I
930 FOR IT = 1 TO MA
940 FOR I = 1 TO N
950 IF (NT(I) > 1) THEN 1060
960 A = SU(I)
970 II = ET(I,12)
980 FOR J = 1 TO II
990 A = A + P(I,J) * PD(ET(I,J))
1000 NEXT J
1010 FOR J = 2 TO II
1020 A = A - P(I,J) * PS(ET(I,J))
1030 NEXT J
1040 A = A / P(I,1) - PS(I)
1050 PS(I) = PS(I) + RE * A
1060 NEXT I
1062 PRINT IT: "PS(3):" "PS(4)"
1064 NEXT IT
1100 PRINT "COORD OF NODES AND LOCAL HEAD"
1110 FOR I = 1 TO N
1120 PRINT I: TAB(8): CO(I,1): TAB(16): CO(I,2): TAB(25): PS(I)
1125 NEXT I
1126 REM END MAIN PROGRAM
1170 END
2990 DATA 6,4,30,1.8
3000 DATA -5000,0,0,0,2
3010 DATA -5000,5000,0,0,2
3020 DATA 0,0,0,1.75,0
3030 DATA 0,5000,0,1.75,0
3040 DATA 5000,0,1.5,1.5,2
3050 DATA 5000,5000,1.5,1.5,2
3060 DATA 1,2,4,4000,400,0,0
3070 DATA 1,2,4,4000,400,0,0
3080 DATA 3,4,4,4000,400,0,0
3090 DATA 3,5,4,4000,400,0,0

```

```

JLIST
1 REM ANALYTIC SOLUTION PIEZOMETRIC SURFACE
5 HGR
10 HCOLDR= 7
20 PI = 22 / 7
21 HPLDT 20,120
22 HPLDT TO 140,120
23 HPLDT TO 140,45
24 HPLDT TO 260,45
25 HPLDT TO 20,140
26 HPLDT TO 140,140
27 HPLDT 142,65
28 HPLDT TO 260,65
29 PRINT "*****"
30 PRINT "ANAL SOLUTION"
31 PRINT "*****"
32 INPUT "TRANSMISSIVITY: ";K
33 INPUT "RESISTANCE: ";C
34 H = 1.5:LA = SQR(K * C)
35 FOR I = 1 TO 240
36 YS = 20 * I:LA = - 5000 + 1 * 125 / 3:LA = ABS(A)
37 YS = .5 * H * EXP(-A / LA)
38 IF I > 120 THEN 40
39 YS = 140 - 50 * YS: GOTO 41
40 YS = 65 + 50 * YS
41 HPLDT XS,YS
42 NEXT I
250 PRINT "FHR L DIF: ";H
250 PRINT "DISTANCE: ";LA
260 PRINT "TRANSMISS: ";K
260 PRINT "RESISTANCE: ";C
330 GOTO 32
330 END
1

```

Afb. 4 - Basic programma voor de analytische oplossing volgens voorbeeld 2.

Hierin is:

- h_1^1, h_2^1 : freatische niveaus [m] (afb. 3)
- h : piezometrisch niveau watervoerend pakket [m]
- a : afstand tot oorsprong [m]
- kD : doorlaatvermogen [m²/d]
- c : hydraulische weerstand [d]

In het programma (afb. 4) kunnen de kD - en c -waarden worden opgegeven. Voor 240 posities wordt op het beeldscherm de oplossing grafisch weergegeven.

Voorbeeld 3: Grondwaterstroming: numerieke oplossing.

Voor een driedimensionale schematisatie van de ondergrond met een profiel volgens afb. 3 geldt bij tijdsafhankelijke stroming [Bear, 1979]:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(T \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T \frac{\partial \Phi}{\partial y} \right) + I - \frac{\Phi - \Phi'}{c} = 0$$

met

Φ : piezometrisch niveau watervoerend pakket [m]

Φ' : freatisch niveau [m]

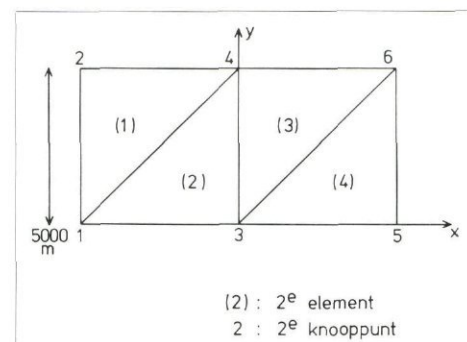
I : onttrekking of aanvulling watervoerend pakket [m³/d]

T : doorlaatvermogen [m²/d]

c : hydraulische weerstand [d]

Bovenstaande differentiaal vergelijking wordt met een programma (afb. 5) opgelost. Hierbij is gebruik gemaakt van de eindige elementenmethode. Het programma is een gemodificeerde versie van het programma Sofia-103 [Verruijt, 1978]. Een ruimtelijk equivalent van praktijkvoorbeeld 2 staat afgebeeld in afb. 6. De invoer voor ieder knooppunt: x -coördinaat, y -coördinaat, freatisch niveau, stijghoogte en een parameter staat in programmaregel 2990 - 3055. Deze parameter geeft aan of een bekende danwel onbekende stijghoogte wordt aangenomen. De stijghoogte in knooppunt 3 en knooppunt 4 wordt onbekend verondersteld. De invoer per element: de drie knooppuntsnummers, doorlaatvermogen en hydraulische weerstand en voeding is gegeven in de regels 3060

Afb. 6 - Schema van de element- en knooppunt-configuratie.



NODE#COORD'S OF NODES#HEAD#SUPPLY				

1	-5000	0	0	0
			FIXD	
2	-5000	5000	0	0
			FIXD	
3	0	0	0	0
4	0	5000	0	0
5	5000	0	1.5	0
			FIXD	
6	5000	5000	1.5	0
			FIXD	
PROPERTIES OF ELEMENTS				
ELEM#	NODES		*TRANS*	*RESIST*#PRECIP

1	1	2	4	4000 400 0
2	1	3	4	4000 400 0
3	3	4	6	4000 400 0
4	3	5	6	4000 400 0

1	1.41904762	1.28840514
2	.165194447	.37311513
3	1.25254178	1.00524214
4	.324468093	.584982238
5	1.10561764	.849724808
6	.456366305	.697613097
7	.989729877	.769839153
8	.556389637	.751953124
9	.904708479	.734194498
10	.627688327	.773904841
11	.845648576	.722070385
12	.676052437	.779151563
13	.806474256	.721479532
14	.707446289	.776734018
15	.781581742	.72570526
16	.726971265	.771555898
17	.766438477	.731241899
18	.738576155	.766058201
19	.75766702	.736448169
20	.745119068	.761290821
21	.752865274	.740703556
22	.748563644	.757569391
23	.75045222	.743902854
24	.750199548	.754859345
25	.749392993	.746168407
26	.750838365	.752988092
27	.749054221	.747696598
28	.750968682	.751753541
29	.749063617	.748683374
30	.75087032	.750973177
COORD OF NODES AND LOCAL HEAD		
1	-5000	0
2	-5000	5000
3	0	0
4	0	5000
5	5000	0
6	5000	5000

Afb. 7 - a. Weergave van ingevoerde gegevens in het numerieke model. b. Weergave van tussenresultaten bij het iteratieproces.

tot en met 3090. De ingevoerde gegevens, tussenresultaten en resultaten van de uitgevoerde berekeningen zijn weergegeven in afb. 7. Na 30 iteratie-stappen wordt een benadering van de gezochte stijghoogte verkregen. Tenslotte wordt in afb. 7b een overzicht gegeven van de coördinaten en de ingevoerde en berekende stijghoogten. De rekentijd bedraagt enige minuten. Bij het modelleren van een honderdtal knooppunten en elementen loopt deze rekentijd op tot een half uur.

Besluit

In dit artikel is beoogd een inzicht te geven in de zich snel ontwikkelende markt voor micro-computers. Gezien hun niet geringe toepassingsmogelijkheden in (geo-) hydrologisch opzicht en de gunstige prijs-prestatieverhouding werd het van belang geacht een aantal aspecten in een zo toegankelijk mogelijk kader te plaatsen voor de geohydrologisch geïnteresseerde. Binnen de Dienst Grondwaterverkenning TNO en binnen TNO in zijn totaliteit is een aanzienlijke hoeveelheid ervaring opgedaan met micro-computersystemen. Zo beschikt de DGV-TNO over een tiental micro-computersystemen en een toenemende programmatuur-bibliotheek. Een keuze uit het grote aanbod van systemen is op voorhand niet te maken. Wel kan worden gesteld dat de beschikbaarheid van programmatuur een belangrijke factor dient te zijn bij de aanschaf van een systeem. Van belang wordt geacht dat een goede communicatie tussen programmatuurgebruikers binnen het vakgebied van de geohydrologie tot stand komt. Op provinciaal niveau vindt dit overleg reeds plaats. Wellicht dient het overleg in een ruimer kader te worden geplaatst.

Literatuur

- Anonymus (1973). *Wang 2200 Series Programs*. Wang Laboratories, Inc.
 Barley, K. S. and Driscoll, J. R. (1981). *A survey of data-base management systems for micro-computers*. Byte Vol. no. 11, 1.
 Bear, J. (1979). *Hydraulics of groundwater*. Mc. Graw Hill, New York.
 Edelman, J. H. (1972). *Groundwater hydraulics of extensive aquifers*. International institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI), Wageningen.
 Egdom, J. van en Bakker, R. B. (1982). *Test: IBM Personal Computer*. Databus No. 2.
 Haveg (1981). *Test: TRS 80 model III*. Databus no. 8.
 Havepe (1980). *HP-85 Personal computer*. Databus no. 3.
 Havepe (1981). *Test: Superbrain*. Databus no. 5.
 Verruijt, A. (1978). *Applications of the finite element method in Geomechanics*. Delft University of Technology, Delft.

• Vervolg van pag. 648

Classificatie van grondwaterwinningen en van het voor vergunningsaanvragen gewenste onderzoek

- Onderzoek naar de relatie tussen grond- en oppervlaktewater (onder andere met een bepaling van de zogenaamde rivierweerstand.
 - Onderzoek naar de stijghoogten van het grondwater in de diverse watervoerende lagen in de omgeving van de winplaats.
 - Eenvoudig superpositiemodel, met invoering van relevante open waterlopen als volledig voedende grenzen en met verwaarlozing van de berging.
 - Gecompileerd superpositiemodel, waaraan een relatie grondwater - oppervlaktewater is opgenomen, waarbij rekening wordt gehouden met berging en waarmee een indicatie wordt verkregen van de fluctuaties in de freatische grondwaterstand.
 - Eenvoudig simulatiemodel met sterk vereenvoudigende aannamen ten aanzien van de waterbeweging in de onverzadigde zone.
 - Gecompileerd simulatiemodel. Hierbij wordt gedacht aan de huidige versies van het ten behoeve van de Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland ontwikkelde model. Inbegrepen is het benodigde, omvangrijke, veldonderzoek.
 - Grondwaterkwaliteitsmodellen gebaseerd op een deugdelijk grondwaterstromingsmodel. In eerste instantie wordt daarbij gedacht aan berekeningsmethoden voor het aan- en het optrekken van brak grondwater.
 - Landbouwkundig onderzoek.
 - Ecologisch onderzoek
 - Grondmechanisch onderzoek.
 - Het plaatsen van 3 tot 10 waarnemingsfilters rond de winplaats, zo mogelijk enkele jaren voordat de winning daadwerkelijk zal aanvangen.
 - Het plaatsen van meer dan 10 waarnemingsfilters rond de winplaats, ook weer zo mogelijk enkele jaren voor aanvang van de winning.
 - Het plaatsen van één of meer zoutwachten.
 - Overige waarnemingsmiddelen (bijvoorbeeld ten behoeve van grondmechanische, ecologische of landbouwkundige onderzoeken).
- In de tabel zijn nog een aantal additionele coderingen toegepast. Dit zijn:
- Code -. Een dergelijke winplaats wordt niet mogelijk geacht.
- Code *. Een dergelijke winplaats vereist specifiek onderzoek, voor ieder geval apart te formuleren.
- Code (). Het binnen de haakjes aangegeven onderzoek is in de desbetreffende categorie niet overal nodig.