Handleiding Analytische Modellen

Beschrijving van enkele analytische modellen
ten behoeve van het grondwaterbeheer
en een programma voor het verwerken
van waterkwaliteitsgegevens

Landinrichtingsdienst Utrecht
Afdeling Hydrologie & Bodem
Juli 1994

HANDLEIDING ANALYTISCHE MODELLEN

Beschrijving van enkele analytische modellen ten behoeve van het grondwaterbeheer en een programma voor verwerking en beoordeling van waterkwaliteitsgegevens.

Landinrichtingsdienst Utrecht
Afdeling Hydrologie & Bodem
H.Kreuwel, Juli 1994

INHOUDSOPGAVE

	pagina
INLEIDING	1
PROGRAMMABESCHRIJVINGEN	
1 SLOOT	4
2 ONTWAT	8
3 HYMO	16
4 GLEEVIS	21
5 VIS2	28
6 BRUG	32
7 GLEE2	37
8 DIETZ	40
9 THIEM-DUPUIT	43
10 MAZURE	46
11 GETIJ	50
12 WATERTYPE, STIFFPLOT en IRPLOT	54
LITERATUUR	58

BIJLAGEN

1 Algemene structuur grondwaterstromingsprogramma's	1
2 Grafische presentatie m.b.v. PLOTST	2

INLEIDING

Aanleiding Bij de afdeling Hydrologie & Bodem van de Landinrichtingsdienst zijn verschillende computerprogramma's voor het verrichten van geohydrologische berekeningen in gebruik. Naast de meer bekende numerieke modellen (Flownet, Modflow, Microfem, e.d.) zijn een aantal eenvoudige modellen op basis van analytische formules beschikbaar. Elk van deze formules is steeds in een specifiek omschreven hydrologische situatie toepasbaar.

De bedoelde programma's zijn -in principe- voor een ieder binnen de Landinrichtingsdienst op de VAX toegankelijk. Door onbekendheid met het bestaan van deze programma's of hun praktische toepassingsmogelijkheden bij het oplossen van hydrologische vraagstukken, is het aantal daadwerkelijke gebruikers tot op heden beperkt gebleven.

Doelstelling In deze handleiding worden de in tabel 1 opgenomen programma's besproken met als doel de mogelijkheden en beperkingen bij potentiële gebruikers onder de aandacht te brengen.
De tekst van de handleiding is beknopt en gericht op de praktische toepassing van de verschillende programma's. Er wordt slechts kort op theoretische achtergronden ingegaan; voor een juist gebruik van de programma's en de interpretatie van de resultaten wordt de hydrologische (basis)kennis bekend verondersteld.

Inhoud Van alle programma's is achtereenvolgens aangegeven: de doelstelling, de specifieke voorwaarden waaronder het model van toepassing is, de programmaopbouw met een overzicht van de in- en uitvoergegevens, een toelichting op de rekenkundige achtergronden, alsmede een voorbeeld van de programmaresultaten. Bij de grondwatermodellen zijn figuren opgenomen die de veronderstelde geohydrologische schematisatie weergeven. Onder het volgende kopje is kort aandacht besteed aan de toepassingsmogelijkheden.
Als bijlage is de beschrijving van een plotprogramma opgenomen, waarmee de rekenresultaten van enkele modellen tot een grafiek verwerkt kunnen worden.

De modellen De besproken computerprogramma's zijn geschreven in FORTRAN en beschikbaar op de VAX (ZEUS). De meeste programma's zijn in het verleden door medewerkers van de Landinrichtingsdienst opgezet of overgenomen als praktisch hulpmiddel bij veel voorkomende hydrologische vraagstukken. Hoewel soms na verloop van tijd verbeteringen werden aangebracht, zijn de programma's eenvoudig van opzet en is weinig tijd besteed aan de 'gebruiksvriendelijkheid. Bij de programmabeschrijving in deze handleiding is getracht zoveel mogelijk aan dit laatste euvel tegemoet te komen.
Uit de bij de afleiding van de analytische formules toegepaste schematisering van de ondergrond moet geconcludeerd worden dat de berekeningsresultaten vooral een 'indicatieve' betekenis hebben. De waarde die aan de uitkomsten kan worden gehecht is sterk afhankelijk van de mate waarin de modelsituatie met de werkelijkheid overeenkomt. In het algemeen zullen de analytische modellen met name bij vooronderzoek en/of bij beperkte beschikbaarheid van gegevens kunnen worden gebruikt om snel een (voorlopige) indruk te krijgen van de gevolgen van een bepaalde ingreep.

PROGRAMMA	T O E P A S I N G
SLOOT	Simulatie met grondwaterstroming in een freatisch watervoerend pakket (WVP), o.a. op basis van de drainageweerstand.
ONTWAT	Berekening van drainageweerstand, ontleed in horizontale-, verticale- en radiale weerstand voor 4 geohydrologische situaties.
HYMO	Berekening van verandering in stijghoogte, wegzijging en debiet als gevolg van grondwaterstandsveranderingen in een poldersysteem.
GLEEVIS	Grondwaterstands- en stijghoogteveranderingen bij een onttrekking uit een systeem met 1 watervoerend- en 1 freatisch pakket.
VIS2	Grondwaterstands- en stijghoogteveranderingen bij een diepe onttrekking uit een systeem met maximaal 2 watervoerende pakketten en (eventueel) 1 freatisch WVP.
BRUG	Grondwaterstands- en stijghoogteveranderingen bij een onttrekking uit een systeem met maximaal 3 watervoerende pakketten.
GLEE2	Verandering grondwaterstand bij meerdere onttrekkings- en infiltratieputten in een watervoerend pakket met een afdekkend pakket.
DIETZ	Verandering grondwaterstand in een freatisch watervoerend pakket bij meerdere onttrekkingsputten en gespiegelde infiltratieputten.
THIEMDUPUIT	Verandering grondwaterstand in een freatisch watervoerend pakket bij meerdere onttrekkings- en infiltratieputten.
MAZURE	Berekening van stationaire stijghoogten in een meerlagensysteem grenzend aan open water met een vast peil.
GETIJ	Berekening van demping en vertraging van de getijbeweging in open water door een aangrenzend meerlagensysteem.
WATERTYPE	Verwerking en analyse van (grond)watermonsters.
KWALITEIT	Grafische verwerking waterkwaliteitgegevens tot Stiff-/EGV IR-diagram.

Tabel 1: Overzicht van de behandelde programma's en hun toepassingsgebied.

Zoals in tabel 1 is aangegeven kan globaal een 5-deling in de programma's worden gemaakt:

1 SLOOT en ONTWAT zijn modellen waarmee het mogelijk is drainageweerstanden te berekenen. Bij gebruik van ONTWAT kunnen verschillende geohydrologische situaties worden doorgerekend waarbij het programma de totale weerstand van het topsysteem kan bepalen. Een voorbeeld is de situatie van draineren-de sloten in een slechtdoorlatende deklaag, waarbij de totale drainageweer-stand kan bestaan uit de som van de verticale stromingsweerstand door de deklaag, de horizontale stromingsweerstand, de radiale weerstand en de intree- of slootbodemweerstand.
Met het programma SLOOT kunnen -op basis van een 10-tal variabelen- simula-ties met de grondwaterstroming in een freatisch pakket worden uitgevoerd.

2 Het model HYMO geeft de mogelijkheid om voor een poldersysteem de invloed van grondwaterstandsveranderingen op de stijghoogte te berekenen, alsmede de optredende verandering in wegzijging en debiet. Het model kan op ver-schillende schaalniveau's worden toegepast, in de tekst is hiervoor een rekenvoorbeeld opgenomen. Belangrijk is dat de gebruiker vooraf een bere-kening (of inschatting) van de in te voeren grondwaterstandsverandering dient te maken.

3 Een 6-tal modellen voor berekening van grondwaterstands- en/of stijghoogteverlaging als gevolg van grondwateronttrekking. Tussen de modellen onderling bestaan verschillen in de modellering van het bovenste pakket, het aantal watervoerende pakketten en de wijze waarop onttrekkingen ingevoerd kunnen worden. De modellen GLEEVIS, VIS2 en BRUG geven als resultaat een dwarsdoorsnede van het verlagingsbeeld als gevolg van één puntonttrekking. De modellen GLEE2, DIETZ en THIEMDUPUIT presenteren de grondwaterstandsverandering -als gevolg van verschillende onttrekkings- en infiltratieputten- in een horizontaal vlak. Met deze laatste modellen kan bijvoorbeeld het effect van een voedende grens op de verlaging worden weergegeven.

PROGRAMMA	Aantal WVP's	Afdekkend pakket	Onttrekking in pakket nr	Weergave verlaging
GLEEVIS	1 +freatisch	Nee	1e	Doorsnede
VIS2	2 +freatisch	Nee	2e	Doorsnede
BRUG	2 +freatisch	Ja/Nee	1e en/of 2e	Doorsnede
GLEE2	1	Ja	1e	Oppervlak
DIETZ	freatisch	Nee	freatisch	Oppervlak
THIEMDUPUIT	freatisch	Nee	freatisch	Oppervlak

Tabel 2: Vergelijking toepassingsgebied modellen voor grondwateronttrekking.

4 Met behulp van de modellen MAZURE en GETIJ kan inzicht worden verkregen in de relatie tussen open water en het aangrenzend geohydrologisch systeem. Het programma MAZURE kan de stationaire stijghoogten in een meerlagenpakket als gevolg van het peilverschil met het open water, b.v. een rivier of zandwinput, berekenen. Het programma GETIJ geeft de verplaatsing (demping en vertraging) van een opgegeven getijbeweging in het aangrenzende meerlagensysteem weer.

5 Het programma WATERTYPE is bruikbaar voor de verwerking en opslag van analyseresultaten van (grond)watermonsters. Aansluitend kan het programma KWALITEIT (dat bestaat uit STIFPLOT en IRPLOT) worden gebruikt voor de grafische presentatie van deze gegevens in Stiff- en EGV IR-diagrammen.

1 PROGRAMMA SLOOT

DOEL van het programma is het simuleren van een 2-dimensionale hydrologische situatie (x- en z-richting) zoals aangegeven in de figuur, waarbij de stationaire grondwaterstroming in het freatisch pakket afhankelijk is gesteld van een 10-tal variabelen. In de resultaten volgt onder andere een berekening van de drainageweerstand.

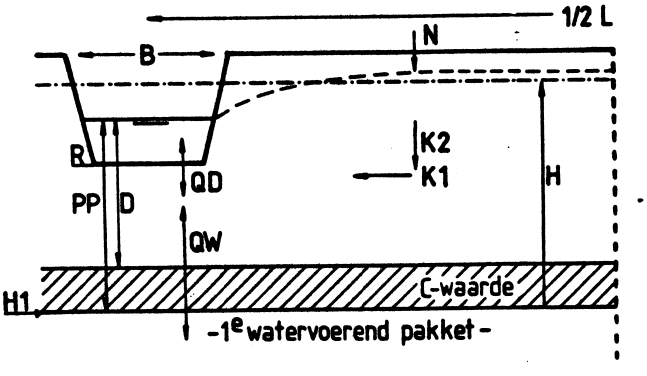
VOORWAARDEN

De berekening is gebaseerd op een afleiding van BRUGGEMAN (G. van Drecht, 1983). In deze afleiding wordt een oplossing gegeven voor de stijghoogte voor elke 'x' en 'z': H=H(x,z). Voor de schematisering van de grondwaterstroming wordt uitgegaan van een stationaire tweedimensionale stroming in een homogeen freatisch pakket, dat aan de onderzijde is afgesloten door een (semipermeabele) scheidende laag.
De stijghoogte in het watervoerend pakket onder deze laag is constant en dient als referentieniveau (zie hierna). De waterlopen zijn evenwijdig aan elkaar gelegen en fungeren als waterscheidingen. De insnijding van de sloten ten opzichte van de dikte van het freatisch pakket is gering. Via afgeleide formules kunnen met het programma grondwaterstanden, kwel en wegzijging en de drainageweerstand van het systeem worden berekend.

PROGRAMMA OPBOUW

- Het programma kan worden aangeroepen onder de naam $ SLOOT.
- Na het opstarten dient een filenaam voor de uitvoergegevens te worden opgegeven (de defaultwaarde is SLOOT.OUT). Ook kan een projectnaam worden toegekend, maar dit laatste is niet verplicht.
- Hierna vraagt het programma een 10-tal parameters in te voeren, conform de aanduiding in onderstaande figuur. Daarbij dient de stijghoogte in het 1e watervoerende pakket (9) als referentieniveau voor alle in te voeren en te berekenen potentialen (zowel grondwater als slootpeil). De absolute hoogte van deze parameters is niet direct van belang. Correctie van foutieve invoer is achteraf mogelijk.

1	Slootafstand	L	(m)
2	Dikte pakket	D	(m)
3	c-Waarde v.d weerstandbiedende laag	C	(d)
4	k-Horizontaal	K1	(m/d)
5	k-Verticaal	K2	(m/d)
6	Slootbreedte	B	(m)
7	Slootbodemweerstand	R	(d)
8	Slootpeil	PP	(m)
9	Stijghoogte 1e wvp (=referentiehoogte)	H1	(m)
10	Voeding grondwater	N	(m/d)



- Het programma SLOOT laat na berekening en na vermelding van het aantal sommatie-termen de volgende uitkomsten zien:

1 Slootafvoer / kwel of infiltratie	QD	(m/d)
2 Wegzijging door C-Laag (bij kwel negatief)	QW	(m/d)
3 Gemiddelde hoogte freatisch vlak	H	(m)
4 Gemiddelde stijghoogte onder sloot	H2	(m)
5 Gemiddelde hoogte freatisch vlak op land	H3	(m)
6 Drainageweerstand	W	(d)

- Verder rekenen is mogelijk door wijzigen of opnieuw invoeren van gegevens.

VERGELIJKING MET ANDERE STROMINGSMODELLEN

Door het RIVM (G. van Drecht, 1983) is een vergelijking gemaakt tussen berekeningen voor gelijke stromingssituaties met behulp van het model van ERNST, HOOGHOUDT en BRUGGEMAN.
Dit type modellen blijkt in de praktijk geschikt om drainageweerstanden van verschillende afwateringsstelsels te bepalen. De belangrijkste voorwaarde is dat de stromingstoestand min of meer stationair dient te zijn. In het geval dat niet-stationaire stromingsomstandigheden belangrijk zijn (b.v. grote bergingsveranderingen, grote stijghoogte- of afvoerfluctuaties) kan geen goede benadering van de drainageweerstand worden gegeven. Die is immers niet alleen afhankelijk van de geometrie van het afwateringsstelsel en de geohydrologische constante van het doorstroomde pakket, maar evenzeer van het slootpeil, de grondwaterstand en de stijghoogte.
Het model op basis van een formule afgeleid door BRUGGEMAN, zoals verwerkt in het programma SLOOT, lijkt de meest realistische benadering te geven in vergelijking met de genoemde modellen van HOOGHOUDT en ERNST. Hierbij dienen uiteraard de randvoorwaarden van het programma in acht te worden genomen.

Opmerking
De drainageweerstand is alleen constant in een stationaire stromingssituatie. Hoewel de drainageweerstand theoretisch mede afhankelijk is van het slootpeil, het neerslagoverschot en de stijghoogte onder de semipermeabele laag, is ze in de praktijk vrijwel ongevoelig voor 'normale' variaties in deze randvoorwaarden.

REKENFORMULES

De resultaten van het programma zijn gebaseerd op zes afgeleide formules:

Voor de slootafvoer (QD in m/d) geldt:

$$QD = \frac{(C+D/K2)\cdot(1-B/L) - B\cdot S\cdot N - PP}{\frac{R}{B} + \frac{C+D/K2}{L} + S}$$

waarbij $$S = \frac{\sqrt{K2/K1\cdot L^2}}{\pi^3\cdot B^2\cdot K2}\sum_{n=1}^{\infty} n^{\frac{1}{3}}\cdot\sin\left(\frac{n\cdot\pi\cdot B}{L}\right)\cdot F(n,0)$$

Voor de wegzijging (QW in m/dag) geldt:

$$QW = N\,(1-\frac{B}{L}) - QD$$

Voor de gemiddelde hoogte van het freatisch vlak (H in m) geldt:

$$H = (C+\frac{D}{K2})\cdot QW + H1$$

Voor de gemiddelde stijghoogte onder de sloot (H2 in m) geldt:

$$H2 = PP + L\cdot R\cdot\frac{QD}{B}$$

Voor de gemiddelde hoogte van het freatisch vlak op land (H3 in m) geldt:

$$H3 = \frac{L\cdot H}{L-B} - \frac{B\cdot H2}{L-B}$$

Voor de drainageweerstand (W in d) geldt:

$$W = \frac{H-PP}{QD}$$

VOORBEELD 1

```
Nr  1 - Slootafstand (L) . . . . . .: 200.00000
Nr  2 - Dikte pakket (D) . . . . . .:   3.00000
Nr  3 - Weerstand    (C) . . . . . .: 100.00000
Nr  4 - K-horizontaaL(K1). . . . . .: 100.00000
Nr  5 - K-verticaal  (K2). . . . . .:  25.00000
Nr  6 - Slootbreedte (B) . . . . . .:   3.00000
Nr  7 - Bodemweerstand (R) . . . . .:   1.00000
Nr  8 - Slootpeil    (PP) . . . . . .:   1.25000
Nr  9 - Stijghoogte in 1e wvp. (H1) . . . . . .:   1.45000
Nr 10 - Voeding van het grondwater ("neerslag") (N)  .:   0.00200
AANTAL TERMEN VAN DE SOMMATIE:   11

UITKOMSTEN:

Slootafvoer - kwel of infiltratie (QD) :   0.00223
Wegzijging door C-laag naar ondergrond (QW):  -0.00026
Gem. hoogte freatische vlak (H): 1.42
Gem. stijghoogte onder sloot: (H2): 1.40
Gem. hoogte freatisch vlak op land: 1.42
Drainageweerstand (W):  78.
```

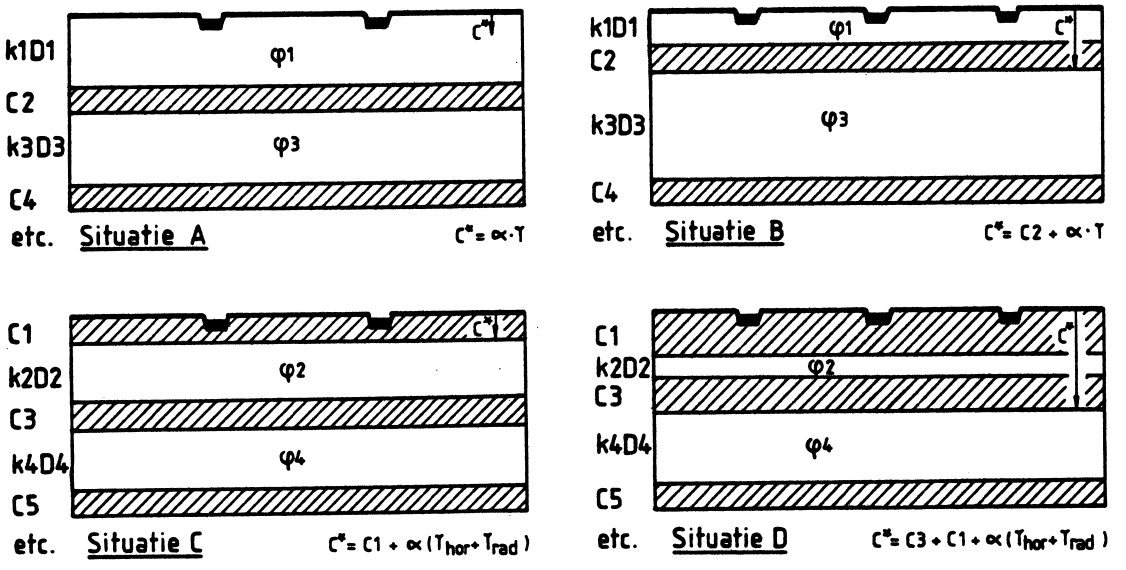
VOORBEELD 2

```
Nr  1 - Slootafstand (L) . . . . . .: 300.00000
Nr  2 - Dikte pakket (D) . . . . . .:   3.00000
Nr  3 - Weerstand    (C) . . . . . .: 250.00000
Nr  4 - K-horizontaaL(K1). . . . . .: 100.00000
Nr  5 - K-verticaal  (K2). . . . . .:  10.00000
Nr  6 - Slootbreedte (B) . . . . . .:   4.00000
Nr  7 - Bodemweerstand (R) . . . . .:   1.00000
Nr  8 - Slootpeil    (PP) . . . . . .:   1.25000
Nr  9 - Stijghoogte in 1e wvp. (H1) . . . . . .:   1.45000
Nr 10 - Voeding van het grondwater ("neerslag") (N)  .:   0.00200
AANTAL TERMEN VAN DE SOMMATIE:   22

UITKOMSTEN:

Slootafvoer - kwel of infiltratie (QD) :   0.00197
Wegzijging door C-laag naar ondergrond (QW):   0.00000
Gem. hoogte freatische vlak (H): 1.45
Gem. stijghoogte onder sloot: (H2): 1.40
Gem. hoogte freatisch vlak op land: 1.45
Drainageweerstand (W): 102.
```

DOEL van het programma is het berekenen van de drainageweerstand (ontwateringsweerstand) van afwateringsstelsels; de weerstand tegen de grondwaterstroming naar open of gesloten leidingen.

VOORWAARDEN

ONTWAT berekent drainageweerstanden volgens de theorie van ERNST (Ernst, 1983). In het programma ONTWAT bestaat de drainageweerstand uit een verticale weerstand, een horizontale weerstand en een radiale weerstand.
Het programma ONTWAT onderscheidt daarbij 4 geohydrologische situaties, zoals aangegeven in onderstaande figuren. De freatische grondwaterstand staat in het 1e pakket. Het programma gaat uit van een stationaire stromingssituatie waarbij het peil in de waterlopen constant dient te zijn.
De figuur toont de vervanging van open waterlopen met radiale stroming door een fictieve slechtdoorlatende bovenlaag met een verticale weerstand C* voor de vier verschillende situaties.



PROGRAMMA OPBOUW

- Het programma kan worden opgeroepen onder de naam $ ONTWAT.
- Na het opstarten is het mogelijk een projectnaam op te gegeven. Vervolgens vraagt het programma gegevens met betrekking tot de bodemconstanten, de geohydrologische opbouw en de ontwateringsmiddelen in te voeren, zoals die op de volgende bladzijde staan aangegeven. Het is belangrijk om bij de op te geven waarden altijd de plaats van de decimale punt aan te geven en waar nodig gebruik te maken van hoofdletters.
  Zowel de berekeningsresultaten als de invoergegevens worden weggeschreven naar de file ONTWAT.OUT.

Invoer

Invoer van de bodemconstanten

* De kD-waarden van de bovenste twee watervoerende lagen KD1 en KD3 of KD2 en KD4 (in m2/d).
* De c-waarde van de eerste scheidende laag C2 of C3 (in m).

Keuze uit 4 geohydrologische situaties (zie figuur)

A] Goed doorlatende bovenlaag.
B] Goed doorlatende bovenlaag, waarbij k1D1 t.o.v. k3D3 relatief laag is.
C] Slecht doorlatende bovenlaag.
D] Slecht doorlatende bovenlaag, waarbij k2D2 t.o.v. k4D4 relatief laag is.

Gegevens m.b.t. de ontwateringsmiddelen

* Slootafstand L (in m).
* Natte omtrek van de waterlopen Bwp (in m).
* Afstand tussen slootpeil en de basis van het eerste pakket D1 (in m).
* Is de breedte van de waterloop groter dan 3 keer de diepte ? Deze vraag is van belang voor het bepalen van de vormfactor f, welke afhankelijk is van de vorm van het natte oppervlak.
* Invoer van de slootweerstand (in d/m) indien deze waarde bekend is. De slootweerstand is een samentelling van radiale- en bodemweerstand.
* Indien de slootweerstand onbekend is vraagt het programma of deze dient te worden berekend. Zo ja, dan is het noodzakelijk de werkelijke waarde voor de weerstand van de sliblaag Csl (in d) in te voeren, anders rekent het programma met de waarde 0 voor de slootbodemweerstand.

Voor een situatie met een slecht doorlatende bovenlaag (de figuren C en D) moeten bovendien de volgende waarden ingevoerd worden:

* De doorlatendheid van pakket 1 K1 (in m/d).
* De dikte van pakket 2 D2 (in d)
* De grondwaterstand t.o.v. de bodem van de waterloop (in m).

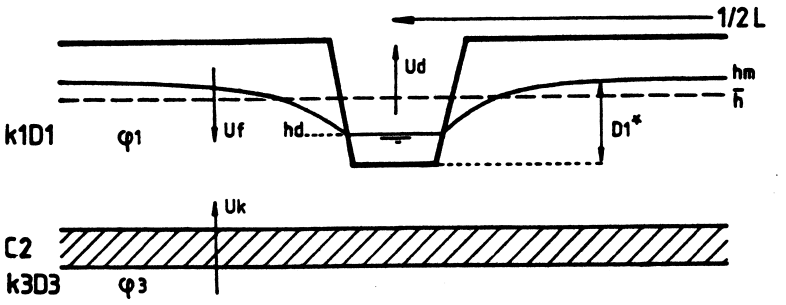
Uitvoer

Het programma ONTWAT maakt een berekening van de volgende gegevens:

1 Drainageweerstand (d)
2 Radiale weerstand (d)
3 Horizontale weerstand (d)
4 Slootbodemweerstand (d)
5 Alfa x drainageweerstand (d)
6 De vormfactor alfa (-). Deze factor geeft de relatie tussen de maximale en de gemiddelde opbolling van het freatisch vlak weer.
7 De totale aan de top v.h. systeem in te voeren weerstand C* (d).
8 De weerstand C1 (d); bij een slecht doorlatende bovenlaag (sit. C/D).

THEORIE EN TOEPASSING

Onderstaande figuur geeft een algemene en schematische voorstelling van de grondwaterstroming in het bovenste deel van het geohydrologisch systeem.



De drainageweerstand $\alpha.\gamma$ (in dagen) geeft de verhouding tussen de gemiddelde stand van het freatisch vlak (h_{gem}) ten opzichte van het peil van de waterlopen (hd) en de afvoer naar de waterlopen (Ud in m/dag):

$$\alpha \cdot \gamma = \frac{\bar{h} - hd}{Ud}$$

In een stromingsmodel kan de drainageweerstand worden ingevoerd als (een deel van) de weerstand c* aan de top van het systeem, zoals aangegeven in de figuren A t/m D. De geohydrologische schematisatie bestaat verder uit watervoerende pakketten met een bepaald doorlaatvermogen (kD in m/dag) en slecht doorlatende lagen met een weerstand tegen stroming (c in dagen). De lagen in het model zijn opeenvolgend genummerd.

Verlaging van het freatisch vlak

Voor een berekening van de gemiddelde verlaging van het freatisch vlak ($\Phi 0$) tussen de waterlopen kan van de volgende benadering worden uitgegaan:
De weerstand C* is de weerstand die het water ontmoet tussen een waterloop (waarin het peil constant blijft) en het eerste watervoerende pakket waarin een aanzienlijke horizontale stroming optreedt. In de situaties A t/m D uit de figuur gaat het daarbij resp. om de pakketten 1, 3, 2 en 4.
De in deze pakketten optredende verlaging (resp. $\Phi 1$, $\Phi 3$, $\Phi 2$ en $\Phi 4$) volgt direct uit de modelbenadering waarmee de stroming in de diepere pakketten wordt beschreven. Het is mogelijk deze verlaging evenredig te verdelen over de verschillende weerstanden tussen het betreffende watervoerende pakket en de waterlopen. Voor de verlaging van het freatisch vlak geldt in dat geval:

Situatie A: $\varphi 0 = \varphi 1$

Situatie B: $\varphi 0 = \frac{\alpha \cdot \gamma}{C2 + \alpha \cdot \gamma} \cdot \varphi 3$

Situatie C: $\varphi 0 = \frac{\alpha \cdot \gamma}{C1 + \alpha \cdot \gamma} \cdot \varphi 2$

Situatie D: $\varphi 0 = \frac{\alpha \cdot \gamma}{C1 + C3 + \alpha \cdot \gamma} \cdot \varphi 4$

- Afgeleid uit deze formules is het mogelijk ook de verlagingen in andere pakketten te berekenen. In situatie D kan bijvoorbeeld de verlaging in het 2e pakket als volgt worden bepaald:

$$\varphi 2 = \frac{C1 + \alpha \cdot \gamma}{C1 + C3 + \alpha \cdot \gamma} \cdot (\varphi 3 - hd)$$

- Als het peil in de waterlopen (hd) wel verandert maar de radiale weerstand nagenoeg niet, dan geldt voor:

Situatie A: $\varphi 0 - hd = \varphi 1 - hd)$

Situatie B: $\varphi 0 - hd = \frac{\alpha \cdot \gamma}{C2 + \alpha \cdot \gamma} \cdot (\varphi 3 - hd)$

De situaties C en D kunnen op overeenkomstige wijze worden uitgeschreven.

REKENFORMULES

De resultaten van het programma zijn gebaseerd op de navolgende theorie en formules. Nummers tussen () verwijzen naar de betreffende formule in genoemde literatuur (Ernst, 1983), waarbij een accent betekent dat de formulering is aangepast aan de hier gebruikte symbolen.

Voor de afvoer van het neerslagoverschot (Uf in m/dag) geldt:

$$Uf = \frac{hm - hd}{\gamma} \qquad (2)$$

waarbij hm = grondwaterstand (in m) midden tussen open leidingen,
hd = peil van het water in de open leidingen (in m),
γ = drainageweerstand (dagen) m.b.t. maximale opbolling.

Wanneer tevens kwel of wegzijging (Uk in m/dag) optreedt, zodat de totale afvoer naar de drains (Ud in m/dag) wordt:

$$Ud = Uf + Uk \qquad (3)$$

dan geldt ook:

$$Ud = \frac{hm - hd}{\gamma} \qquad (15)$$

De drainageweerstand kan worden ontleed in drie componenten:
- γ vert: voor verticale stroming naar het eerste watervoerende pakket,
- γ hor : voor horizontale stroming door de watervoerende pakketten en
- γ rad : voor radiale stroming in de nabijheid van de leidingen.

Voor een pakket met vier lagen waarvan de bovenste laag slechtdoorlatend is (conform de situaties C en D), geldt:

$$\frac{hm-hd}{Ud} = \frac{D1^*}{k1} + \frac{L^2}{8(k2D2+k4D4)} \cdot \left(1+\frac{4k4D4}{k2D2\cdot L}\cdot\tanh\frac{L}{4\lambda}\right) + L\cdot\Omega \qquad (55')$$

$$\gamma = \gamma_{ver} + \gamma_{hor} + \gamma_{rad}$$

waarbij

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{W2+V4}}$$

$$W2 = \frac{1}{k2D2\cdot C3} \qquad (46)$$

$$V4 = \frac{1}{k4D4\cdot C3}$$

D1 = opbolling grondwaterspiegel t.o.v. de slootbodem (in m).
L = gemiddelde afstand tussen de waterlopen (in m).
Ω = radiale weerstand (in dagen/m).

Voor de radiale weerstand wordt in dit geval de volgende empirische formule gegeven, waarbij is aangenomen dat alleen de bovenste twee lagen een aanmerkelijke invloed hebben op de grootte van de radiale weerstand:

$$\Omega = \frac{1}{\pi\, k1}\cdot\ln\frac{4f\cdot D1}{Bwp} + \frac{1}{3{,}5\, k2}\cdot\ln\frac{D2}{3D1} \qquad (60)$$

waarbij Bwp = natte omtrek van de waterloop (in m).
f = coëfficiënt, afh. van de vorm van het natte oppervlak:
f=1 als het natte oppervlak lijkt op een halve cirkel
$f=4/\pi$ als waterdiepte t.o.v. de waterbreedte klein is.
D1 = hoogte van de grondwaterspiegel t.o.v. de slootbodem (m).

Voor een pakket met drie lagen zonder slecht doorlatende afdeklaag (situatie A en B), kan de verticale component uit de drainageweerstand worden weggelaten.
In de formule voor de horizontale component worden dan de laag-indices met 1 verminderd. De formule voor de radiale weerstand wordt vereenvoudigd tot:

$$\Omega = \frac{1}{\pi\, k1}\cdot\ln\frac{4f\cdot D1}{Bwp} \qquad (63)$$

Indien uit de formule een negatieve radiale weerstand zou volgen (indien $f.D1/Bwp < 1$), wordt door ONTWAT met de waarde 0 verder gerekend.

Voor beide formules geldt dat de radiale weerstand afneemt naarmate het debiet in de waterlopen (en dus het natte oppervlak Bwp) groter wordt. Ernst geeft een formule (64) om op grond van het debiet een correctie toe te passen. In ONTWAT is deze correctie niet opgenomen. Vooral in situaties met smalle waterlopen, waar bij toenemend debiet Bwp relatief sterk toeneemt, kan dit leiden tot een overschatting van Ω.

Bij de hiervoor berekende drainageweerstand is uitgegaan van de maximale opbolling van het freatisch vlak, terwijl in praktijk de gemiddelde opbolling (h_{gem}-hd) meer van belang is. De samenhang met de maximale opbolling wordt gegeven door de vormfactor α:

$$\alpha = \frac{\bar{h} - hd}{hm - hd} \tag{68}$$

De drainageweerstand, om te komen tot een gemiddelde opbolling, wordt $\alpha.\tau$. Voor een systeem zonder slechtdoorlatende afdeklaag (situaties A en B) leidt Ernst af:

$$\alpha \cdot \gamma = \alpha_1 \cdot \gamma_{hor} + (1-\alpha_2^*) \cdot \gamma_{rad} \tag{75'}$$

zodat

$$\alpha = \alpha_1 + (1-\alpha_1-\alpha_2^*) \cdot \frac{\gamma_{rad}}{\gamma} \tag{77'}$$

Daarbij is

$$\alpha_1 = \frac{\frac{2\lambda}{L}\left(\cosh\frac{L}{2\lambda} - \frac{2\lambda}{L}\cdot\sinh\frac{L}{2\lambda}\right) + \frac{k1D1}{3k3D3}\cdot\sinh\frac{L}{2\lambda}}{\frac{2\lambda}{L}\left(\cosh\frac{L}{2\lambda} - 1\right) + \frac{k1D1}{2k3D3}\cdot\sinh\frac{L}{2\lambda}} \tag{81'}$$

Omdat in de praktijk de variatie van α_2^* een relatief geringe invloed heeft op de uitkomst werd gekozen voor de benadering:

$$\alpha_1^* = \frac{0,3\,D1 + 0,7\,Bwp}{L} \tag{90'}$$

Indien zich aan de bovenkant van het systeem een slechtdoorlatende laag bevindt moeten de laag-indices van de parameters in de formule (81) met 1 worden verhoogd. Voor de berekening van α_2^* dient nu ook D1 te worden gebruikt.
In de praktische toepassing wordt bij een goed doorlatende bovenlaag aan de bovenkant van het systeem eem slechtdoorlatende laag toegevoegd met een fictieve C-waarde (C*). Indien de bovenlaag slechtdoorlatend is wordt de waarde van C1 vergroot tot C*. Voor de vier genoemde situaties A t/m D volgt dan:

A] $C^* = \alpha(\gamma_{hor} + \gamma_{rad})$ (187')
B] $C^* = C2 + \alpha(\gamma_{hor} + \gamma_{rad})$ (188')
C] $C^* = C1 + \alpha(\gamma_{hor} + \gamma_{rad})$ (189)
D] $C^* = C1 + C3 + \alpha(\gamma_{hor} + \gamma_{rad})$ (192')

Door Ernst wordt geen rekening gehouden met een extra weerstand als gevolg van een eventuele sliblaag op de bodem van een waterloop. Heeft de sliblaag een dikte D-slib en een doorlatendheid k-slib, dan is de weerstand:

$$C_{slib} = \frac{D_{slib}}{k_{slib}} \tag{I}$$

Het effect van de sliblaag op de drainageweerstand kan als volgt worden afgeleid. De afvoer Qd (in m3/dag) uit een gebied met oppervlak A (in m2) is:

$$Qd = A \cdot Ud \qquad (II)$$

Bij afvoer naar de waterlopen (met oppervlak Awp) ontstaat een extra stijghoogteverschil (Δh) over de sliblaag want:

$$Qd = \frac{\Delta h}{C_{slib}} \cdot Awp \qquad (III)$$

Uit (II) en (III) volgt dat:

$$Ud = \frac{\Delta h}{C_{slib} \cdot A/Awp} \qquad (IV)$$

In plaats van A/Awp kan gewerkt worden met de factor L/Bwp, zodat:

$$Ud = \frac{\Delta h}{C_{slib} \cdot L/Bwp} \qquad (V)$$

Door samenvoeging van de stijghoogteverschillen uit (V) en (15) ontstaat:

$$Ud = \frac{(hm - hd)'}{\gamma + L \cdot \frac{C_{slib}}{Bwp}}$$

waarbij in (hm-hd)' ook het stijghoogteverschil over de sliblaag is meegenomen. De slootbodemweerstand kan gezien worden als een uitbreiding van de radiale weerstand. (Als uit stijghoogtewaarnemingen in een dwarsprofiel de weerstand nabij de waterloop wordt afgeleid zijn de radiale component (L.Ω) en de slootbodemcomponent (L.C-slib/Bwp) niet te onderscheiden. ONTWAT berekent dan de som van deze beide factoren als L.Sbw, waarbij Sbw gelijk is aan de slootweerstand volgens de metingen (Sbw is vaak ca. 1 dag/m).

Het opnemen van γ.Sbw in de onder A beschreven situatie geeft als voorbeeld:

$$C^* = \alpha (\gamma_{hor} + \gamma_{rad} + \gamma_{sbw})$$

waarbij alpha nu berekend moet worden als:

$$\alpha = \alpha + (1 - \alpha_1 - \alpha_2^*) \cdot \frac{\gamma_{rad} + \gamma_{sbw}}{\gamma}$$

Voor alle beschreven situaties is de weerstand van de slootbodem op deze manier in ONTWAT opgenomen.

VOORBEELD 1

```
UITVOER PROGRAMMA ONTWAT (VERSIE 2),LANDINRICHTINGSDIENST AFD.GRONDWATERBEHEER.
ONTWATERINGSWEERSTANDEN BEREKEND VOLGENS DE FORMULES VAN ERNST(1983).

INGEVOERDE GEGEVENS:
BOVENLAAG SLECHTDOORLATEND?J
KD(2)=    800. M2/DAG
KD(4)=   1500. M2/DAG
C(3)=   2000. DAGEN
SITUATIE=C
SLOOTAFSTAND L=   400. M
NATTE OMTREK WATERLOPEN BWP=    4.5 M
AFST. SLOOTPEIL-BASIS 1E PAKKET D1=  3.00 M
WEERSTAND SLIBLAAG CSL=  5.0  DAGEN
K1=   0.2500 M/DAG
D2=      8.00 M
GRONDW.STAND T.O.V. SLOOTBODEM D1STER=  1.25 M
C(1)=     5. DAGEN


BEREKENINGSRESULTATEN

ONTWATERINGSWEERSTAND T  =  1092. DAGEN,WAARBIJ
    RADIALE WEERSTAND    =   622. DAGEN
    HORIZONTALE WEERSTAND=    25. DAGEN
    SLOOTBODEMWEERSTAND  =   444. DAGEN

PRODUCT ALFA*T=  1073. DAGEN

DE VORMFACTOR ALFA= 0.98

DE IN TE VOEREN WEERSTAND AAN DE TOP VAN HET SYSTEEM C*=  1078. DAGEN
VOOR TOEPASSING,ZIE DE BIJBEHORENDE HANDLEIDING  OF ERNST (1983)
```

VOORBEELD 2

```
UITVOER PROGRAMMA ONTWAT (VERSIE 2),LANDINRICHTINGSDIENST AFD.GRONDWATERBEHEER.
ONTWATERINGSWEERSTANDEN BEREKEND VOLGENS DE FORMULES VAN ERNST(1983).

INGEVOERDE GEGEVENS:
BOVENLAAG SLECHTDOORLATEND?N
KD(1)=    150. M2/DAG
KD(3)=   1500. M2/DAG
C(2)=    800. DAGEN
SITUATIE=B
SLOOTAFSTAND L=   400. M
NATTE OMTREK WATERLOPEN BWP=    3.0 M
AFST. SLOOTPEIL-BASIS 1E PAKKET D1=  3.25 M
WEERSTAND SLIBLAAG CSL=  0.5  DAGEN


BEREKENINGSRESULTATEN

ONTWATERINGSWEERSTAND T  =   197. DAGEN,WAARBIJ
    RADIALE WEERSTAND    =     0. DAGEN
    HORIZONTALE WEERSTAND=   130. DAGEN
    SLOOTBODEMWEERSTAND  =    67. DAGEN

PRODUCT ALFA*T=   153. DAGEN

DE VORMFACTOR ALFA= 0.78

DE IN TE VOEREN WEERSTAND AAN DE TOP VAN HET SYSTEEM C*=   953. DAGEN
VOOR TOEPASSING,ZIE DE BIJBEHORENDE HANDLEIDING  OF ERNST (1983)
```

3 PROGRAMMA HYMO

DOEL van het programma is het berekenen van veranderingen in stijghoogte, fluxen (kwel en wegzijging) en debiet op verschillende punten in een dwarsdoorsnede van een poldersysteem, als gevolg van opgegeven grondwaterstandsveranderingen.

VOORWAARDEN

De berekeningen met HYMO zijn gebaseerd op een theorie van ERNST (L.F. Ernst 1983), waarin de grondwaterstroming is geanalyseerd van gebieden met een relatief hoog waterpeil (zowel oppervlaktewater als grondwater) naar gebieden met een relatief laag waterpeil. Voorwaarde hierbij is dat de natuurlijke grondwaterstandsfluctuaties relatief klein zijn (polderniveau) en dat een parallel waterlopenpatroon aanwezig is. De ondergrond wordt geschematiseerd tot een combinatie van slechtdoorlatende lagen en -maximaal 3- watervoerende pakketten. De grondwaterstroming is stationair, in een slechtdoorlatende laag verticaal en in een watervoerend pakket horizontaal verondersteld.
In een doorsnede kunnen verschillende, zelf te definiëren secties worden onderscheiden op basis van verschillen in peil of opbouw van de ondergrond.
In een freatisch pakket (als een slechtdoorlatende deklaag ontbreekt) is de grondwaterstroming in principe afhankelijk van de dikte van het verzadigde deel van dit pakket: de kH-waarde. Is de grondwaterstandsfluctuatie relatief gering, dan is vervanging door een constante kD-waarde toegestaan. D staat hierin voor de dikte van het verzadigde deel van het freatische pakket.
Doordat in HYMO deze vereenvoudiging wordt toegepast, mag van het superpositiebeginsel gebruik worden gemaakt. De algemene oplossing van het grondwaterstromingsprobleem kan dan worden onderverdeeld in oplossingen van eenvoudige deelproblemen, die bij elkaar mogen worden opgeteld om zo de totale oplossing te bepalen.

Waarschuwing:

1 HYMO is alleen geschikt voor het berekenen van *veranderingen* in stijghoogtes en kwel- en wegzijgingsdebieten als gevolg van *peilveranderingen* in (polder)gebieden. Hierbij wordt uitgegaan van het superpositiebeginsel. HYMO is niet geschikt om *absolute* grondwaterstanden, stijghoogtes, kwel- en wegzijgingsdebieten te berekenen. Daartoe is het model een te sterke vereenvoudiging van de werkelijkheid.
2 HYMO rekent op basis van *grondwaterstandsveranderingen*.
In de praktijk zal waarschijnlijk veel gebruik worden gemaakt van veranderingen in oppervlaktewaterpeil, b.v. polderpeilveranderingen. In dat geval is het noodzakelijk zelf een vertaling te maken naar een gemiddelde grondwaterstandsverandering als gevolg van deze peilwijziging.

PROGRAMMA OPBOUW

- Het programma kan worden opgeroepen onder de naam $ HYMO.
- Na het opstarten kan eventueel een projectnaam worden opgegeven. Ook is enige beknopte informatie m.b.t. HYMO beschikbaar.
- Hierna vraagt het programma de naam van een in- en een uitvoerfile op te geven. De invoergegevens voor berekeningen met HYMO dienen op een zelfstandige invoer-file te worden aangemaakt. Het is mogelijk een drietal voorbeelden (1, 2 of 3 watervoerende pakketten) van invoer-files te bekijken, of deze structuur te kopiëren als basis voor een zelf te maken file met behulp van de vax-editor.

- Op de <u>invoer-file</u> dienen de volgende gegevens te worden vermeld:
  1 Het aantal watervoerende pakketten (maximaal 3).
  2 Het aantal secties (maximaal 20).
  3 Het aantal rekenpunten voor stijghoogte en debiet (maximaal 100).
  4 De hydraulische weerstand C (dagen) per weerstandbiedende laag/sektie.
  5 Het doorlaatvermogen KD (m/dag) per watervoerende laag/sektie.
  6 De peilen of peilverandering(en) (zie voorgaande waarschuwing) (m).
  7 De breedte van de verschillende secties (m), waarbij de beide buitenste secties als oneindig worden beschouwd.
  8 De meetpunten voor stijghoogte en debiet (m), waarbij de grens tussen de eerste twee secties als nulpunt wordt aangemerkt.

- Op de <u>uitvoer-file</u> van het programma HYMO zijn, naast de invoergegevens, de volgende rekenresultaten beschikbaar:
  1 De stijghoogteverandering (m) per watervoerend pakket per meetpunt.
  2 De extra wegzijging (mm/dag), per meetpunt en per sectie als geheel.
  3 Per meetpunt het debiet (m3/dag per meter sectielengte), voor het totaal van alle watervoerende pakketten en per pakket afzonderlijk.

REKENFORMULES

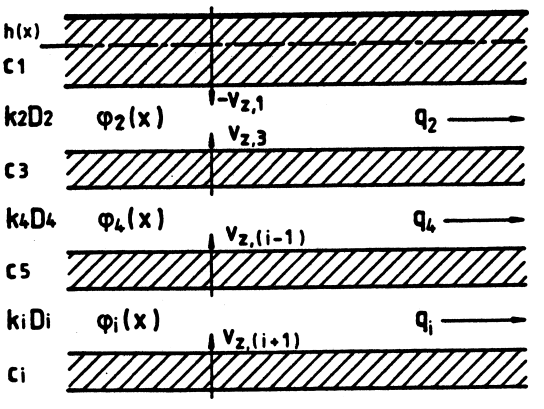
Voor het berekenen van de <u>stijghoogteverandering</u> (φ_i in m), het <u>debiet</u> (q_i in m3/dag per meter sectielengte) en de <u>wegzijging</u> ($v_{z,i}$ in mm/dag) wordt in HYMO gebruik gemaakt van een algemene oplossing voor een pakket bestaande uit een willekeurig aantal lagen, die afwisselend goed en slecht doorlatend zijn. Voor een volledige beschrijving van deze afleiding wordt verwezen naar ERNST (L.F. Ernst, 1983. Par. 9 en 11).

Voor het in beschouwing genomen gebied zijn drie basisvergelijkingen nodig:

(1) $q_i = -k_i D_i \frac{d\varphi_i}{dx}$
(wet van Darcy)

(2) $\frac{dq_i}{dx} = v_{z,i+1} - v_{z,i-1}$
(Continuïteitsvgl.)

(3) $v_{z,i} = \frac{\varphi_{i+1} - \varphi_{i-1}}{c_i}$



waarbij: q_i= intensiteit van de horizontale stroming per strekkende meter in een goed doorlatende laag met index i.
$v_{z,i}$= intensiteit van de verticale stroming in de richting z in een slecht doorlatende laag met index i.
Φ_i= stijghoogte van het grondwater in laag i.
x = coördinaat voor de horizontale richting (afstand).
c_i= verticale weerstand van laag i ($c_i=D_i/k_i$).

Door (1) naar x te differentiëren (2) en daarin (3) te substitueren ontstaat een differentiaalvergelijking van de 2e orde:

(4) $$\frac{\delta^2 \varphi_i}{\delta x^2} = -V_i \varphi_{i-2} + (V_i + W_i)\varphi_i - W_i \varphi_{i+2}$$

waarbij: $$V_i = \frac{1}{k_i D_i C_{i-1}} \qquad W_i = \frac{1}{k_i D_i C_{i+1}}$$

Het is noodzakelijk de formule (4) voor de eerste watervoerende laag in een andere vorm te schrijven. Daarbij moet onderscheid worden gemaakt tussen situaties met een goed doorlatende bovenlaag en situaties met een slecht doorlatende bovenlaag, zoals in het HYMO-model van toepassing. In het laatste geval wordt de tweede modellaag als goed doorlatend opgevat en geldt:

(5) $$\frac{\delta_2 \varphi_2}{\delta x^2} = -V_2 h_c + (V_2 + W_2)\varphi_2 - W_2 \varphi_4$$

waarbij: h_c= constante hoogte van de grondwaterspiegel.

Door ERNST wordt hieruit als algemene oplossing voor een situatie met n goed doorlatende lagen de volgende formule afgeleid:

(6) $$\varphi_i(x) = \sum_{k=1}^{n} \beta_{ik}\left(A_k e^{-\frac{x}{\lambda_k}} + B_k e^{\frac{x}{\lambda_k}} \right) + h_c$$

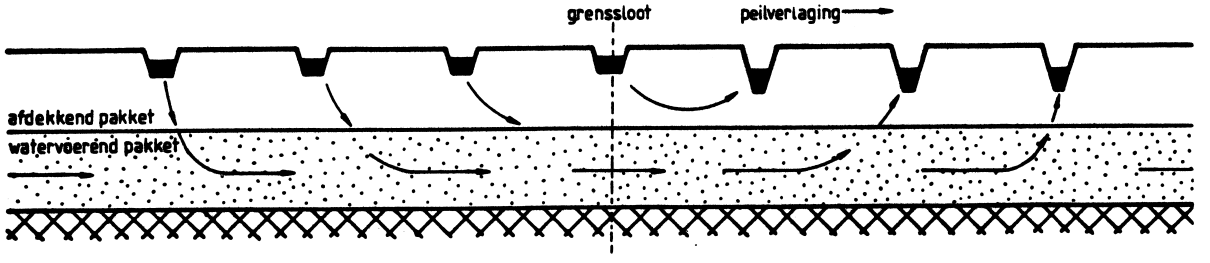
De oplossing van deze algemene formule bestaat uit de volgende 3 delen:
a De oplossing van de coëfficiënten λ_k in de exponent uit de gegeven waarden voor k_iD_i en c_i met behulp van een vergelijking van de m^e-graad, waarbij m gelijk is aan het aantal slecht doorlatende lagen.
b De berekening van een stelsel coëfficiënten β_{ik}. Deze coëfficiënten hangen af van λ_k in een bepaald deelgebied. Ze zijn onafhankelijk van de aangrenzende deelgebieden.
c De oplossing van een (omvangrijk) stelsel eerstegraads-vergelijkingen. Het aantal formules is gelijk te stellen aan 2nJ of 2n(J-1), waarbij n staat voor het aantal goeddoorlatende lagen en J voor het aantal deelgebieden. Op elk gemeenschappelijk grensvlak worden zo n randvoorwaarden voor de stijghoogte en n randvoorwaarden voor de horizontale stroomsterkte toegepast, zodat alle deelgebieden aan elkaar sluiten.

VOORBEELD MODELBEREKENING

Bij toepassing van het HYMO-model geldt als aanname dat de directe aanwezigheid van waterlopen te verwaarlozen is; de waterlopen mogen op hun plaats geen overheersende invloed hebben en zijn als het ware 'diffuus' aanwezig. Bij toepassing op een klein schaalniveau (perceelsniveau) is deze benadering minder juist. In het volgende voorbeeld is mogelijkheid aangegeven om in een overgangssituatie tussen twee peilvakken meer gedetailleerd rekening te houden met de ligging van de waterlopen. De gegeven bodemconstanten e.d. komen overeen met de invoerwaarden in het rekenvoorbeeld.

Uitgangssituatie

Het voorbeeld heeft betrekking op het grensgebied tussen twee poldereenheden gescheiden door een grenssloot, waarbij aan één zijde een peilverlaging van 30 cm plaats heeft. De polder bestaat uit één watervoerend- en één afdekkend pakket. De sloten hebben een breedte van 2 m en een onderlinge afstand van 50 m. Onderstaande figuur geeft deze uitgangssituatie en de ontstane grondwaterstroming als gevolg van het peilverschil weer.



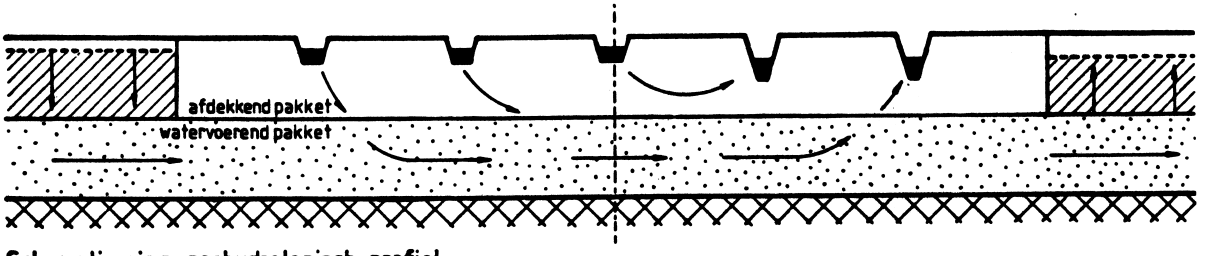
Geohydrologisch profiel met grondwaterstroming

Uitwerking in HYMO

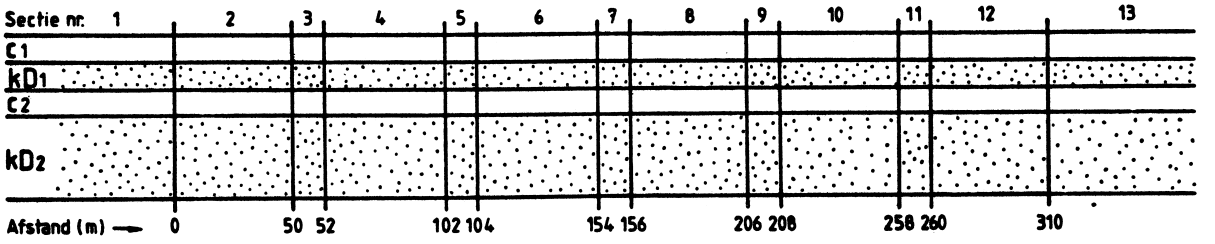
De grondwaterstroming vindt niet plaats vanuit een constant freatisch vlak, maar treedt op tussen de sloten onderling, waarbij de sloten met een hoog peil fungeren als bron en die met laag peil als put. (De voeding vanuit een 'bron-sloot' kan ook als vermindering van de slootafvoer gezien worden, voor de berekening in superpositie maakt dit echter geen verschil.)

Het afdekkend pakket heeft slechts een beperkt horizontaal doorlaatvermogen, horizontale stroming over grotere afstanden vindt dan ook vrijwel uitsluitend plaats via het dieper gelegen watervoerend pakket. Voor grotere afstanden kan daardoor de stroming in slechtdoorlatende lagen verticaal en in de watervoerende pakketten horizontaal worden verondersteld.
Als de peilvakken intern min of meer homogeen zijn qua slootpeil en -afstand is een verdere schematisatie mogelijk waarbij een gemiddelde waarde voor de verandering van het freatisch vlak wordt opgegeven. Deze vervanging van een discrete afvoer of voeding via de sloten door een diffuse afvoer of voeding via elk punt op de grondwaterspiegel moet wel gecompenseerd worden.
Hiertoe moet ook de drainageweerstand in de verticale hydraulische weerstand van het afdekkend pakket worden betrokken. Dit kan binnen de gebruikte schematisering van HYMO op verschillende manieren, zie hiervoor ook de programma's ONTWAT en SLOOT.

Voor een gebied aan weerszijden van de grenssloot mag het horizontale transport door de bovenlaag niet worden verwaarloosd; vervanging van de sloten door een diffuse voeding leidt hier tot onnauwkeurige resultaten. De grootte van dit grensgebied is uiteraard afhankelijk van de geohydrologische situatie. Als deze mate van detail in een onderzoek noodzakelijk is, kan de fout die door deze vereenvoudiging in het model ontstaat worden beperkt, door aan weerszijden van de grens enkele sloten in te voeren.
Het schematisch dwarsprofiel en de 'vertaling' naar invoergegevens voor HYMO ziet er dan als volgt uit:



Schematisering geohydrologisch profiel



Profiel t.b.v. invoer in HYMO

Bij de invoer worden de genoemde sloten als afzonderlijke secties beschouwd met het slootpeil als vaste potentiaal. Om de horizontale stroming in het afdekkend pakket te simuleren wordt hierin een fictieve watervoerende laag (kD1) opgenomen.
Tussen de sloten ondervindt de stroming weerstand. Deze bestaat achtereenvolgens uit de slootbodemweerstand (C1), de verticale hydraulische weerstand (C2) en weer de slootbodemweerstand van de ontvangende sloot. Wanneer men de radiale weerstand in rekening wil brengen wordt de werkelijke laagdikte vervangen door de "equivalente" laagdikte, conform de drainagetheorie van Hooghoudt of Ernst. Voor de schematisering in het voorbeeld kunnen de volgende waarden worden opgegeven (zie bijlage): voor het watervoerende deel van het afdekkend pakket kD1 10 m2/dag, de verticale hydraulische weerstand C2 800 dagen en de slootbodemweerstand C1 2 dagen.
Op grotere afstand van de grenssloot is de betekenis van kD1 nihil. Om dit te benadrukken is in het model kD1 gelijk aan 1 gekozen. De waarden C1 en C2 vormen samen de totale weerstand die is opgebouwd uit de drainageweerstand (ook wel ontwateringsweerstand genoemd) en de verticale hydraulische weerstand van het afdekkend pakket.

In het programma HYMO moet voor elke sectie een vaste potentiaal worden opgegeven. In de secties tussen de sloten is echter geen vaste potentiaal aanwezig. Om dit probleem op te lossen wordt de weerstand C1 oneindig groot gekozen (99999 dagen), waardoor de flux door deze laag vrijwel gelijk aan nul zal zijn. Het in te voeren peil (H0) is hierdoor feitelijk zonder betekenis.

Slotopmerking

Belangrijk is het te beseffen dat HYMO is opgezet voor stromingsproblemen tussen in hydrologisch opzicht min of meer homogeen veronderstelde deelgebieden (constante grondwaterspiegel, constante drainageweerstanden).
Voor stromingsvraagstukken op perceelsniveau, waarbij de leidingen (open leidingen of drains) uitdrukkelijk moeten worden meegenomen, is de gebruikte schematisering van het systeem in HYMO minder geschikt.
Voor vraagstukken op perceelsniveau zijn meerdere theoretische beschrijvingen bekend, zie hiervoor ook SLOOT en ONTWAT. In ERNST (L.F. Ernst, 1983) is naast de theoretische achtergrond van HYMO (hfdstk. 9 t/m 11) veel aandacht besteed aan de stromingsvraagstukken tussen twee leidingen, of uit de directe omgeving van de leiding (hfdstk 2 t/m 8). Geïnteresseerden worden ondermeer daarnaar verwezen.

```
**                                                              **
   VOORBEELDBEREKENING HYMO / 2-LAGENPAKKET / 13 SECTIES
**                                                              **

AANTAL WATERVOERENDE LAGEN  (MAX. 3 ) :
       2

AANTAL SEKTIES (MAX. 20) :
       13

AANTAL PLAATSEN WAAR DE PHI WORDT BEREKEND : (MAX:100 )
       30
```

SEKTIE:	LAAG:	C: (DAG)	KD: (M2/DAG)	PEILVERANDERING: (M)	SEKTIEBREEDTE: (M)
1	1	200	1		
1	2	800	500		
1				0.00	1000000
2	1	99999	10		
2	2	800	500		
2				0.00	50
3	1	2	10		
3	2	800	500		
3				0.00	2
4	1	99999	10		
4	2	800	500		
4				0.00	50
5	1	2	10		
5	2	800	500		
5				0.00	2
6	1	99999	10		
6	2	800	500		
6				0.00	50
7	1	2	10		
7	2	800	500		
7				0.00	2
8	1	99999	10		
8	2	800	500		
8				-0.30	50
9	1	2	10		
9	2	800	500		
9				-0.30	2
10	1	99999	10		
10	2	800	500		
10				-0.30	50
11	1	2	10		
11	2	800	500		
11				-0.30	2
12	1	200	1		
12	2	800	500		
12				-0.30	50
13	1	2	10		
13	2	800	500		
13				-0.30	1000000

OP DE VOLGENDE AFSTANDEN (X) WORDEN DE PHI-WAARDEN BEREKEND :
X= (NULPUNT LIGT OP DE GRENS VAN SEKTIE 1 EN 2)

0.0	25.0	50.0	52.0	62.0	72.0	82.0	92.0	102.0	104.0
114.0	124.0	134.0	144.0	154.0	156.0	166.0	176.0	186.0	196.0
206.0	208.0	218.0	228.0	238.0	248.0	258.0	260.0	285.0	310.0

DE BEREKENDE PHI WAARDEN ZIJN :

X (M)	PHI 1 (M)	PHI 2 (M)	PHI 3 (M)	(EXTRA)WEGZIJGING: MM PER DAG
0.0	-0.03	-0.12		0.1
25.0	-0.02	-0.12		0.0
50.0	-0.01	-0.13		0.0
52.0	-0.01	-0.13		5.4
62.0	-0.01	-0.13		0.0
72.0	-0.02	-0.13		0.0
82.0	-0.02	-0.14		0.0
92.0	-0.02	-0.14		0.0
102.0	-0.01	-0.14		0.0
104.0	-0.01	-0.14		6.6
114.0	-0.02	-0.14		0.0
124.0	-0.03	-0.14		0.0
134.0	-0.03	-0.15		0.0
144.0	-0.04	-0.15		0.0
154.0	-0.04	-0.15		0.0
156.0	-0.04	-0.15		22.4
166.0	-0.09	-0.15		0.0
176.0	-0.13	-0.15		0.0
186.0	-0.17	-0.16		0.0
196.0	-0.21	-0.16		0.0
206.0	-0.26	-0.16		0.0
208.0	-0.26	-0.16		-19.7
218.0	-0.26	-0.16		0.0
228.0	-0.27	-0.17		0.0
238.0	-0.27	-0.17		0.0
248.0	-0.28	-0.17		0.0
258.0	-0.29	-0.17		0.0
260.0	-0.29	-0.17		-5.1
285.0	-0.28	-0.18		-0.1
310.0	-0.30	-0.18		0.0

DEBIET LAAG : 1 BIJ X= 0 0.000
DEBIET LAAG : 2 BIJ X= 0 0.085

TOTAAL : 0.085 M3/DAG/M-SEKTIELENGTE

GEM. (EXTRA) WEGZIJGING SEKTIE: 2 0.0 MM PER DAG

DEBIET LAAG : 1 BIJ X= 50 -0.006
DEBIET LAAG : 2 BIJ X= 50 0.091

TOTAAL : 0.085 M3/DAG/M-SEKTIELENGTE

GEM. (EXTRA) WEGZIJGING SEKTIE: 3 5.3 MM PER DAG

DEBIET LAAG : 1 BIJ X= 52 0.004
DEBIET LAAG : 2 BIJ X= 52 0.092

TOTAAL : 0.096 M3/DAG/M-SEKTIELENGTE

GEM. (EXTRA) WEGZIJGING SEKTIE: 4 0.0 MM PER DAG

```
DEBIET LAAG :   1  BIJ X=   102          -0.003
DEBIET LAAG :   2  BIJ X=   102           0.099

TOTAAL      :                             0.096  M3/DAG/M-SEKTIELENGTE

                                                 GEM. (EXTRA) WEGZIJGING SEKTIE:  5       6.4  MM PER DAG

DEBIET LAAG :   1  BIJ X=   104           0.009
DEBIET LAAG :   2  BIJ X=   104           0.099

TOTAAL      :                             0.109  M3/DAG/M-SEKTIELENGTE

                                                 GEM. (EXTRA) WEGZIJGING SEKTIE:  6       0.0  MM PER DAG

DEBIET LAAG :   1  BIJ X=   154           0.002
DEBIET LAAG :   2  BIJ X=   154           0.107

TOTAAL      :                             0.109  M3/DAG/M-SEKTIELENGTE

                                                 GEM. (EXTRA) WEGZIJGING SEKTIE:  7      20.9  MM PER DAG

DEBIET LAAG :   1  BIJ X=   156           0.044
DEBIET LAAG :   2  BIJ X=   156           0.107

TOTAAL      :                             0.150  M3/DAG/M-SEKTIELENGTE

                                                 GEM. (EXTRA) WEGZIJGING SEKTIE:  8       0.0  MM PER DAG

DEBIET LAAG :   1  BIJ X=   206           0.043
DEBIET LAAG :   2  BIJ X=   206           0.107

TOTAAL      :                             0.150  M3/DAG/M-SEKTIELENGTE

                                                 GEM. (EXTRA) WEGZIJGING SEKTIE:  9     -20.5  MM PER DAG

DEBIET LAAG :   1  BIJ X=   208           0.002
DEBIET LAAG :   2  BIJ X=   208           0.107

TOTAAL      :                             0.109  M3/DAG/M-SEKTIELENGTE

                                                 GEM. (EXTRA) WEGZIJGING SEKTIE: 10       0.0  MM PER DAG

DEBIET LAAG :   1  BIJ X=   258           0.009
DEBIET LAAG :   2  BIJ X=   258           0.100

TOTAAL      :                             0.109  M3/DAG/M-SEKTIELENGTE

                                                 GEM. (EXTRA) WEGZIJGING SEKTIE: 11      -5.2  MM PER DAG

DEBIET LAAG :   1  BIJ X=   260          -0.001
DEBIET LAAG :   2  BIJ X=   260           0.100

TOTAAL      :                             0.099  M3/DAG/M-SEKTIELENGTE

                                                 GEM. (EXTRA) WEGZIJGING SEKTIE: 12      -0.1  MM PER DAG

DEBIET LAAG :   1  BIJ X=   310           0.002
DEBIET LAAG :   2  BIJ X=   310           0.093

TOTAAL      :                             0.095  M3/DAG/M-SEKTIELENGTE


HYMO BEREKENING VOLTOOID.
   INVOER UIT FILE : test.inp;4
UITKOMSTEN OP FILE : hymo.uit
```

4 PROGRAMMA GLEEVIS

DOEL van het programma is het berekenen van de verlaging van de freatische grondwaterstand en de stijghoogte in het watervoerend pakket als gevolg van een puntonttrekking.

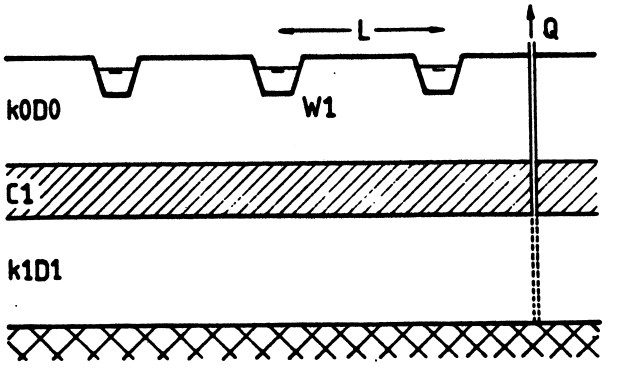
VOORWAARDEN

De berekening is gebaseerd op de door VISSCHER gemodificeerde formule van De GLEE. Voor de schematisering van de grondwaterstroming wordt uitgegaan van een stationaire tweedimensionale stroming in een freatisch en een eerste watervoerend pakket, gescheiden door een slechtdoorlatende laag.
De grondwaterstroming is in de slechtdoorlatende laag verticaal en in de watervoerende pakketten horizontaal verondersteld. De pakketten zijn homogeen met in de uitgangspositie een gelijke stijghoogte. De onttrekking is volkomen en geeft een constant debiet. Het slootpeil blijft constant.

PROGRAMMA OPBOUW

- Het programma kan worden gestart onder de naam $ GLEEVIS.
- Door het opstarten van $ GLEEVISIN kan een file met invoergegevens worden aangemaakt. Het programma vraagt hier een aantal waarden in te voeren, zoals in de onderstaande figuur aangegeven. Bij de in te voeren waarden moet altijd de plaats van de decimale punt worden aangegeven.

1 Doorlaatvermogen van het freatisch pakket k0D0 (m2/d).
2 c-Waarde scheidende laag C1 (d).
3 Doorlaatvermogen van het watervoerend pakket k1D1 (m2/d).
4 Slootafstand L (m).
5 Slootweerstand (= intree- en radiale weerstand) W1 (d/m).
6 Onttrekkingshoeveelheid Q (mln. m3/jaar).
7 De afstand en het interval waarover de verlagingsberekening dient plaats te vinden.



- Deze invoergegevens worden weggeschreven naar de file GLEEVIS.INP. In deze invoerfile kunnen meerdere alternatieven worden opgenomen. Met behulp van de vax-editor is het mogelijk invoerfouten te herstellen of een nieuwe invoerfile aan te maken.
- Door nu $ GLEEVIS te laten draaien wordt een berekening gemaakt van:
  1 Spreidingslengte LA (m).
  2 Drainageweerstand W (d).
  3 Pompdebiet QE (m3/dag).
  4 De verlaging in het freatisch- en eerste watervoerend pakket op de aangegeven punten.
- De berekeningsresultaten worden weggeschreven naar de file GLEEVIS.OUT. Deze file toont ook de invoergegevens, de gebruikte formules en een geohydrologisch profiel.

REKENFORMULES

De verlaginsberekeningen in het programma zijn gebaseerd op de volgende formules:

Voor de verlaging in het watervoerend/middeldiepe pakket (Sm in m) geldt:

$$Sm = \frac{Q}{2\pi \cdot k1D1} \cdot K_0 \frac{R}{LA}$$

Voor de verlaging in het freatisch of ondiepe pakket (S0 in m) geldt:

$$S0 = Sm \cdot \frac{W}{W + C1}$$

(= de gemiddelde verlaging tussen twee watergangen)

waarbij:

Spreidingslengte $LA = \sqrt{k1D1 \cdot C2}$

Drainageweerstand $W = \frac{L^2}{8k0D0} + L \cdot W1$

$C2 = C1 + W$

K_o = Besselfunctie van de 0^e orde

5 PROGRAMMA VIS2

DOEL van het programma is het berekenen van de verlaging van de freatische grondwaterstand en de stijghoogte in de watervoerende pakketten als gevolg van een puntonttrekking in een systeem met 3 watervoerende pakketten.

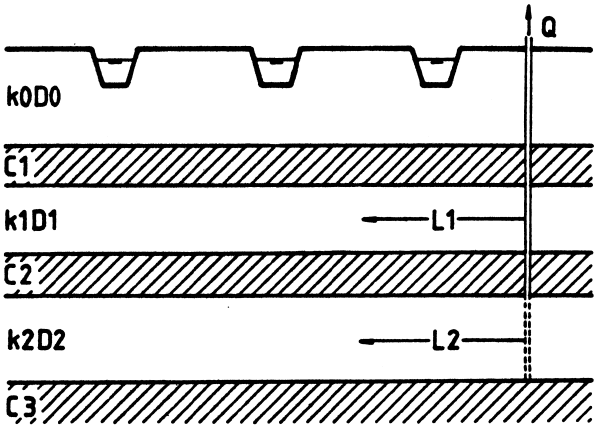
VOORWAARDEN

De berekening is gebaseerd op de formule van VISSCHER. Voor de schematisering van de grondwaterstroming wordt uitgegaan van een stationaire tweedimensionale stroming in een freatisch en een eerste en tweede watervoerend pakket. Deze pakketten worden gescheiden en aan de onderkant begrenst door slechtdoorlatende lagen. De grondwaterstroming is in de slechtdoorlatende lagen verticaal en in de watervoerende pakketten horizontaal verondersteld. De homogene pakketten hebben in de uitgangspositie een gelijke stijghoogte. De onttrekking in het diepe pakket is volkomen en geeft een constant debiet. Het peil in de waterlopen blijft eveneens constant.

PROGRAMMA OPBOUW

- Het programma kan worden opgestart onder de naam $ VIS2.
- Door het opstarten van $ VIS2IN kan een file met invoergegevens worden aangemaakt. Het programma vraagt hiervoor een aantal waarden in te voeren, zoals in de onderstaande figuur aangegeven. (Bij de opgave van het debiet moet ook de plaats van de decimale punt worden aangegeven.)

1 Doorlaatvermogen van het eerste watervoerend pakket k1D1 (m2/d).
2 Spreidingslengte van het eerste watervoerend pakket L1 (m).
3 c-Waarde scheidende laag C1 (d).
4 Drainageweerstand W (d).
5 Doorlaatvermogen van het tweede watervoerend pakket k2D2 (m2/d).
6 Spreidingslengte van het tweede watervoerend pakket L2 (m).
7 Onttrekkingshoeveelheid uit het tweede pakket (mln. m3/jaar).
8 De afstand en het interval waarover de verlagingsberekening dient plaats te vinden.



- Deze invoergegevens worden weggeschreven naar de file VIS2.INP. In deze invoerfile kunnen meerdere alternatieven worden opgenomen. Met behulp van de vax-editor is het mogelijk invoerfouten te herstellen of een nieuwe invoerfile aan te maken.
- Door nu $ VIS2 te laten draaien wordt een berekening gemaakt van de verlaging in de drie watervoerende pakketten op de aangegeven punten. Hiertoe berekend het programma ook de c-waarde van de tweede scheidende laag.
- De berekeningsresultaten worden weggeschreven naar de file VIS2.OUT. Deze file toont ook de invoergegevens, de gebruikte formules en een geohydrologisch profiel.

REKENFORMULES

De verlaginsberekeningen in het programma zijn gebaseerd op de volgende formules:

Voor de verlaging in het tweede watervoerend pakket (S2 in m) geldt:

$$S2 = \frac{1}{L_+^{-2} - L_-^{-2}} \cdot \left((L_-^{-2} - L2^{-2}) \cdot K_0 \frac{R}{L_+} - (L_+^{-2} - L2^{-2}) \cdot K_0 \frac{R}{L_-} \right) \cdot \frac{Q}{2\pi \cdot k2D2}$$

Voor de verlaging in het eerste watervoerend pakket (S1 in m) geldt:

$$S1 = \frac{\alpha \cdot L2^{-2}}{L_+^{-2} - L_-^{-2}} \cdot \left(K_0 \frac{R}{L_-} - K_0 \frac{R}{L_+} \right) \cdot \frac{Q}{2\pi \cdot k2D2}$$

Voor de verlaging in het freatisch pakket (S0 in m) geldt:

$$S0 = S1 \cdot \frac{W}{W + C1}$$

waarbij:

Spreidingslengte $L1 = \sqrt{k1D1 \cdot (C1 + W)}$

Spreidingslengte $L2 = \sqrt{k2D2 \cdot C2}$

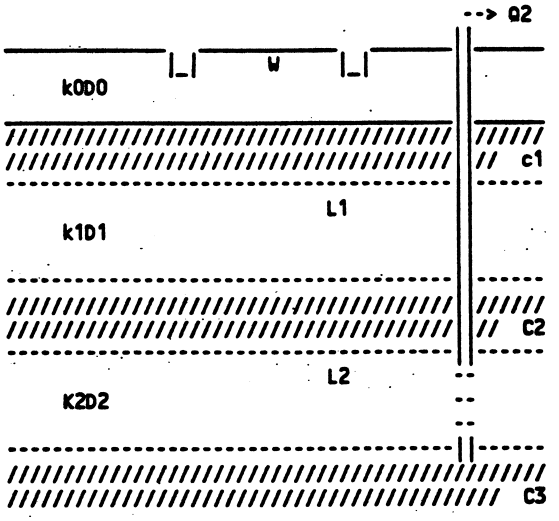
$$\alpha = \frac{k2D2}{k1D1}$$

$$L_+^{-2} = \frac{1}{2} \cdot \left(L1^{-2} + (1+\alpha) \cdot L2^{-2} + \sqrt{(L1^{-2} + (1+\alpha) \cdot L2^{-2})^2 - 4L1^{-2} \cdot L2^{-2}} \right)$$

$$L_-^{-2} = \frac{1}{2} \cdot \left(L1^{-2} + (1+\alpha) \cdot L2^{-2} - \sqrt{(L1^{-2} + (1+\alpha) \cdot L2^{-2})^2 - 4L1^{-2} \cdot L2^{-2}} \right)$$

GRONDWATERSTANDSVERLAGING BEREKEND MET DE FORMULE VAN VISSCHER (W.O.B.).

DEZE BEREKENINGSMETHODE GAAT UIT VAN EEN BODEMOPBOUW BESTAANDE UIT
DRIE WATERVOERENDE PAKKETTEN.



$$S2 = \frac{1}{\frac{-2}{L+} - \frac{-2}{L-}} \left| \left(\frac{-2}{L-} - \frac{-2}{L2}\right) K0\left(\frac{R}{L+}\right) - \left(\frac{-2}{L+} - \frac{-2}{L2}\right) K0\left(\frac{R}{L-}\right) \right| \frac{Q2}{2*pi*K2D2}$$

$$S1 = \frac{a \cdot L2^{-2}}{\frac{-2}{L+} - \frac{-2}{L-}} \left| K0\left(\frac{R}{L-}\right) - K0\left(\frac{R}{L+}\right) \right| \frac{Q2}{2.pi.K2D2}$$

$$S0 = S1 * \frac{W}{W + C1}$$

ALS BODEMCONSTANTEN ZYN GEBRUIKT:

DRAINAGEWEERSTAND (W)	=	60.ETM
WEERSTAND BOVEN TWEEDE WATERVOERENDEPAKKET(C1)	=	1000.ETM
WEERSTAND TUSSEN TWEEDE EN DERDE WATERVOERENDEPAKKET(C2)	=	125.ETM
DOORLATENDHEID TWEEDE WATERVOERENDEPAKKET(K1D1)	=	500.M2/ETM
DOORLATENDHEID DERDE WATERVOERENDEPAKKET(K2D2)	=	2000.M2/ETM
SPREIDINGSLENGTE TWEEDE WATERVOERENDEPAKKET	=	600.M
SPREIDINGSLENGTE DERDE WATERVOERENDEPAKKET	=	500.M

VOOR EEN ONTTREKKING VAN 10.MLN M3/JAAR ZYN VOOR DE VERSCHILLENDE PAKKETTEN DE VOLGENDE VERLAGINGEN BEREKEND.

AFSTAND T.O.V. DE WINPLAATS	VERLAGING(M) DIEP	MIDDELDIEP	ONDIEP
50.	6.90	2.99	0.17
100.	5.41	2.88	0.16
150.	4.57	2.75	0.16
200.	3.98	2.62	0.15
250.	3.54	2.48	0.14
300.	3.19	2.34	0.13
350.	2.90	2.21	0.12
400.	2.66	2.08	0.12
450.	2.45	1.96	0.11
500.	2.27	1.84	0.10
550.	2.11	1.74	0.10
600.	1.96	1.64	0.09
650.	1.83	1.54	0.09
700.	1.72	1.46	0.08
750.	1.61	1.38	0.08
800.	1.52	1.30	0.07
850.	1.43	1.23	0.07
900.	1.34	1.16	0.07
950.	1.27	1.10	0.06
1000.	1.20	1.04	0.06

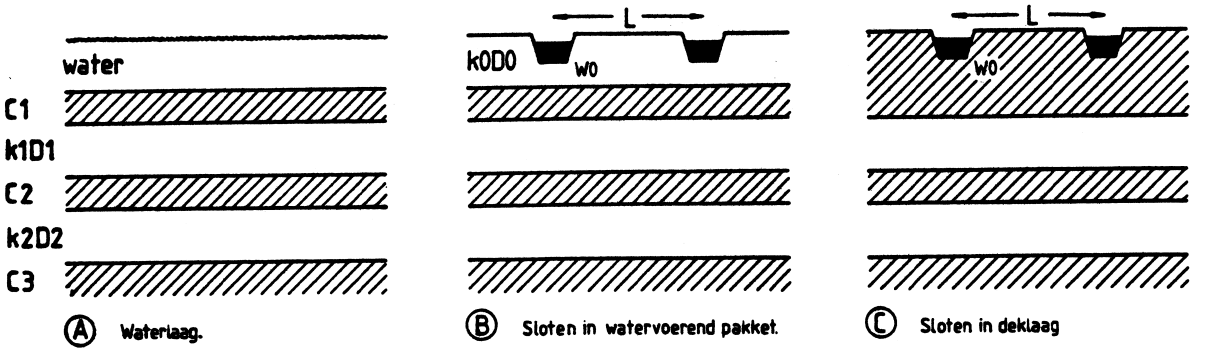
EINDE BEREKENING

6 PROGRAMMA BRUG (versie 2.31)

DOEL van het programma is het berekenen van de verlaging van de freatische grondwaterstand en de stijghoogte in de watervoerende pakken als gevolg van een puntonttrekking in een systeem met 3 (of eventueel 2) WVP's.

VOORWAARDEN

Het programma berekent verlagingen volgens de formules van BRUGGEMAN en VISSCHER. Voor de schematisering van de grondwaterstroming wordt uitgegaan van een stationaire tweedimensionale stroming in een freatisch en een eerste en tweede watervoerend pakket, gescheiden door slechtdoorlatende lagen. De basis van het pakket (C3) is semipermeabel. Voor het freatisch pakket bestaan een aantal rekenvarianten, zoals weergegeven in de onderstaande figuur.
De grondwaterstroming is in de slechtdoorlatende lagen verticaal en in de watervoerende pakketten horizontaal verondersteld. De pakketten zijn homogeen met in de uitgangspositie een gelijke stijghoogte. De onttrekking heeft plaats uit het eerste en/of tweede watervoerend pakket, is volkomen en geeft een constant debiet. Het peil in de waterlopen is eveneens constant.



PROGRAMMA OPBOUW

- Het programma kan worden opgestart onder de naam $ BRUG.
- De benodigde gegevens kunnen interactief of via een invoerfile worden opgegeven. Voor het aanmaken van een invoerfile is het programma BRUGIN beschikbaar. In beide gevallen moeten de hierna genoemde gegevens worden ingevoerd, waarbij het belangrijk is altijd de plaats van de decimale punt aan te geven:

1 Doorlaatvermogen van beide watervoerende pakketten k1D1 en k2D2 (m2/d).
2 De c-Waarde van de scheidende lagen C1, C2 en C3 (d).
3 Vervolgens bestaat de keuze voor het zelf opgeven van de drainageweerstand W (d) of de mogelijkheid deze te laten berekenen. Voor deze berekening zijn de gegevens 4 t/m 7 noodzakelijk.
4 Doorlaatvermogen freatisch pakket k0D0 (m2/d).
5 Slootafstand L (m).
6 Weerstand slootbodem W0 (d).
7 De vraag of de sloten tot in het watervoerend pakket reiken.
8 De onttrekkingshoeveelheden onder de scheidende lagen Q1 en Q2 (m3/d).

+ De afstand en het interval waarover de verlagingsberekening dient plaats te vinden (resulteert in formules in R (in m)).

- Als gebruik gemaakt is van het programma BRUGIN worden deze invoergegevens weggeschreven naar de file BRUG.INP. Hierdoor is het mogelijk met behulp van de vax-editor invoerfouten te herstellen of een nieuwe invoerfile aan te maken. Worden de invoergegevens rechtstreeks in het programma BRUG opgegeven, dan ontstaat geen invoerfile. Voor een nieuwe berekening met andere waarden moeten nu alle gegevens opnieuw worden opgegeven.
- Het programma BRUG maakt voor de aangegeven locaties een berekening van de verlaging in de verschillende pakketten en van de door de 3 scheidende lagen optredende flux. Alle berekeningsresultaten worden weggeschreven naar de file BRUG.OUT. Deze file laat ook de invoergegevens zien.

REKENFORMULES

Voor de berekeningen in het programma wordt gebruik gemaakt van de volgende formules:

Voor de verlaging in het tweede watervoerend pakket (V2 in m) geldt:

Bij onttrekking onder C1: $$V2 = \frac{1}{P1-P2} \cdot \frac{Q1}{2\pi \cdot k1D1} \cdot \left(K_0\frac{R}{LA1} - K_0\frac{R}{LA2}\right)$$

Bij onttrekking onder C2: $$V2 = \frac{1}{P1-P2} \cdot \frac{Q2}{2\pi \cdot k2D2} \cdot \left(P1 \cdot K_0\frac{R}{LA1} - P2 \cdot K_0\frac{R}{LA2}\right)$$

Voor de verlaging in het eerste watervoerend pakket (V1 in m) geldt:

Bij onttrekking onder C1: $$V1 = \frac{1}{P1-P2} \cdot \frac{Q1}{2\pi \cdot k1D1} \cdot \left(-P2 \cdot K_0\frac{R}{LA1} + P1 \cdot K_0\frac{R}{LA2}\right)$$

Bij onttrekking onder C2: $$V1 = -\frac{P1 \cdot P2}{P1-P2} \cdot \frac{Q2}{2\pi \cdot k2D2} \cdot \left(K_0\frac{R}{LA1} - K_0\frac{R}{LA2}\right)$$

Voor de verlaging in het freatisch pakket (V0 in m) geldt:

Bij onttrekking onder C1 of C2: $$V0 = V1 \cdot \frac{W}{W+C1}$$

waarbij:

$$P1 = \frac{A1+B1-B2-A2 + \sqrt{(A1+B1-B2-A2)^2 + (4A2 \cdot B1)}}{2A2}$$

$$P2 = \frac{A1+B1-B2-A2 - \sqrt{(A1+B1-B2-A2)^2 + (4A2 \cdot B1)}}{2A2}$$

$$LA1 = \frac{\sqrt{\frac{A1+B1+B2}{A2}+1} - \sqrt{\left(\frac{A1+B1+B2}{A2}+1\right)^2 - \frac{4}{A2^2}\cdot(B2\cdot A1+B2\cdot B1+A1\cdot A2)}}{2A2}$$

$$LA2 = \frac{\sqrt{\frac{A1+B1+B2}{A2}+1} + \sqrt{\left(\frac{A1+B1+B2}{A2}+1\right)^2 - \frac{4}{A2^2}\cdot(B2\cdot A1+B2\cdot B1+A1\cdot A2)}}{2A2}$$

$$A1 = \frac{1}{k1D1\cdot(C1+W)} \qquad A2 = \frac{1}{k2D2\cdot C2}$$

$$B1 = \frac{1}{k1D1\cdot C2} \qquad B2 = \frac{1}{k2D2\cdot C3}$$

Bij onttrekking uit <u>beide</u> watervoerende pakketten vindt superpositie van de berekende verlagingen plaats.

Voor de <u>fluxen over de scheidende lagen</u> (in mm/dag) geldt:

$$\text{Flux C1} = \left|\frac{V1-V0}{C1}\cdot 1000\right|$$

$$\text{Flux C2} = \left|\frac{V2-V1}{C2}\cdot 1000\right|$$

$$\text{Flux C3} = \left|\frac{V2}{C3}\cdot 1000\right|$$

Voor de <u>drainageweerstand</u> (W in dagen) geldt:

In situatie A: $W = 0$

In situatie B: $W = \frac{L^2}{12\cdot k0D0} + L\cdot W0$

In situatie C: $W = \frac{L^2}{12\cdot k1D1} + L\cdot W0 + C1$

UITVOER PROGRAMMA BRUG (VERSIE 2.6), LANDINRICHTINGSDIENST AFD. GRONDWATERBEHEER.

VERLAGINGEN BEREKEND VOLGENS DE FORMULE VAN BRUGGEMAN.

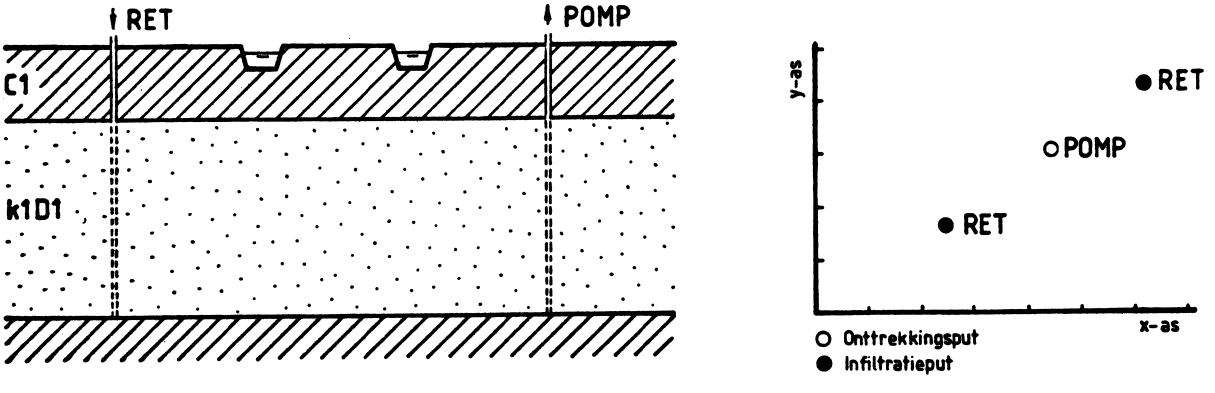
INGEVOERDE GEGEVENS :

K1D1= 1500. M2/DAG
K2D2= 2500. M2/DAG
C1 = 800. DAGEN
C2 = 2000. DAGEN
C3 = 100000. DAGEN
W = 1314. DAGEN
(W IS BEREKEND UIT : K1D1 = 1500. L = 500. W0 = 1.0 ;
UITGEGAAN IS VAN SLOTEN IN EEN SLECHTDOORLATENDE DEKLAAG.)
Q1 = 1370.00 M3/DAG
Q2 = 2740.00 M3/DAG

R(IN M)	V0(IN M)	V1(IN M)	V2(IN M)	FLUX C1 (MM/DAG)	FLUX C2 (MM/DAG)	FLUX C3 (MM/DAG)
100.	0.31	0.49	0.65	0.2329E+00	0.7874E-01	0.6499E-02
200.	0.24	0.39	0.53	0.1857E+00	0.6840E-01	0.5292E-02
300.	0.21	0.33	0.46	0.1583E+00	0.6215E-01	0.4589E-02
400.	0.18	0.29	0.41	0.1391E+00	0.5756E-01	0.4092E-02
500.	0.16	0.26	0.37	0.1245E+00	0.5386E-01	0.3709E-02
600.	0.15	0.24	0.34	0.1128E+00	0.5073E-01	0.3398E-02
700.	0.14	0.22	0.31	0.1030E+00	0.4800E-01	0.3138E-02
800.	0.12	0.20	0.29	0.9473E-01	0.4555E-01	0.2913E-02
900.	0.12	0.19	0.27	0.8757E-01	0.4333E-01	0.2718E-02
1000.	0.11	0.17	0.25	0.8129E-01	0.4129E-01	0.2544E-02
1100.	0.10	0.16	0.24	0.7574E-01	0.3940E-01	0.2389E-02
1200.	0.09	0.15	0.22	0.7078E-01	0.3764E-01	0.2249E-02
1300.	0.09	0.14	0.21	0.6631E-01	0.3599E-01	0.2122E-02
1400.	0.08	0.13	0.20	0.6227E-01	0.3444E-01	0.2005E-02
1500.	0.08	0.12	0.19	0.5860E-01	0.3298E-01	0.1898E-02
1600.	0.07	0.12	0.18	0.5523E-01	0.3159E-01	0.1799E-02
1700.	0.07	0.11	0.17	0.5215E-01	0.3028E-01	0.1708E-02
1800.	0.06	0.10	0.16	0.4931E-01	0.2904E-01	0.1623E-02
1900.	0.06	0.10	0.15	0.4668E-01	0.2785E-01	0.1544E-02
2000.	0.06	0.09	0.15	0.4425E-01	0.2672E-01	0.1470E-02
2100.	0.06	0.09	0.14	0.4199E-01	0.2565E-01	0.1401E-02
2200.	0.05	0.08	0.13	0.3988E-01	0.2463E-01	0.1336E-02
2300.	0.05	0.08	0.13	0.3792E-01	0.2365E-01	0.1275E-02
2400.	0.05	0.08	0.12	0.3608E-01	0.2271E-01	0.1217E-02
2500.	0.05	0.07	0.12	0.3436E-01	0.2182E-01	0.1163E-02

DOEL Met het programma GLEE wordt de verandering van de grondwaterstand -als gevolg van een combinatie van pomp- en infiltratieputten- in een systeem met één watervoerend- en een afdekkend pakket berekend. De grondwaterstandsveranderingen worden in een vierkantennetwerk rond de putten in beeld gebracht.

VOORWAARDEN
De berekening is gebaseerd op de formule van DE GLEE. Voor de schematisering van de grondwaterstroming wordt uitgegaan van een stationaire tweedimensionale stroming in een watervoerende laag met een afdekkend pakket. De grondwaterstroming is in de slechtdoorlatende laag verticaal en in het watervoerend pakket horizontaal verondersteld. Deze lagen zijn homogeen. De onttrekkings- en infiltratiebronnen zijn volkomen en geven een constant debiet.
Hoewel in het programma maximaal 200 pomp- en retourputten kunnen worden opgenomen, wordt in de berekening alleen gebruik gemaakt van het totale onttrekkingsdebiet en het totale retourdebiet. Voor een praktijksituatie waarin de produktie van de putten onderling sterk afwijkt, zijn de resultaten van GLEE2 minder bruikbaar. Gebruik makend van pomp- en retourputten is het in het model mogelijk b.v. een voedende grens of de invloed van een damwand of breukvlak te simuleren.
In de onderstaande figuur zijn het geohydrologisch profiel en het rekenschema voor het programma GLEE2 weergegeven. Voor het effect van onttrekking en infiltratie op de oorspronkelijke grondwaterstand wordt verwezen naar de figuur bij het programma THIEMDUPUIT.



PROGRAMMA OPBOUW
- Het programma kan worden opgestart onder de naam $ GLEE2. De invoer van pomp- en bodemgegevens verloopt via een invoerfile, de gegevens over het assenstelsel worden interactief ingevoerd.
- Door eerst $ GLEE2IN te starten kan de file met invoergegevens worden aangemaakt. Het programma vraagt hier de volgende gegevens in te voeren:

1 Het aantal pomp- en retourputten (POMP en RET). Maximaal kunnen er 200 pomp- en retourputten worden opgenomen. Minimaal dient één retourput te worden opgegeven, waarbij het debiet 0 m3/uur mag zijn.
2 De coördinaten van de pomp- en retourputten (X,Y in m). De putten mogen niet samenvallen met de coördinaten van het gekozen assenstelsel (zie tekening). Deze coördinaten worden bepaald door de te kiezen stapgrootte op de x- en y-as.
3 De c-waarde van het afdekkend pakket C1 (d).
4 Doorlaatvermogen van het watervoerend pakket k1D1 (m2/d).
5 De totale onttrekkings- en infiltratiehoeveelheid Q1 en Q2 (m3/uur).

- Deze invoergegevens worden weggeschreven naar de file GLEE.INP. In deze invoerfile kunnen meerdere alternatieven worden opgenomen. Met behulp van de vax-editor is het mogelijk invoerfouten te herstellen of een nieuwe invoerfile aan te maken.

- Het programma GLEE2 vraagt de maximale lengte van de Y-as MAXY (m) en de stapgrootte voor beide assen NSTAPY en NSTAPX (m) op te geven. De lengte van de X-as wordt door het programma bepaald (MAXX = 16*NSTAPX).
- Vervolgens wordt een berekening gemaakt van:
  1 De spreidingslengte LA (m).
  2 Een verlagingsberekening voor het opgegeven profiel, uitgaande van één onttrekkingspunt en een reeks vaste afstanden tot dit punt.
  3 Voor alle coördinaten van het opgegeven assenstelsel: een berekening van de verlaging als gevolg van de grondwateronttrekking, een berekening van de verhoging als gevolg van de retourbemaling en een berekening van het verschil tussen verlaging en stijging. Dit verschil wordt uiteindelijk in een 'verlagingenmatrix' gezet (n.b. een negatieve waarde duidt hier op een verhoging van de grondwaterstand).

- De berekeningsresultaten en invoergegevens worden weggeschreven naar de file GLEE.OUT.

REKENFORMULES

De verlaginsberekeningen in het programma zijn gebaseerd op de formule van De Glee:

$$Sm = \frac{Q}{2\pi \cdot k1D1} \cdot K_0 \frac{R}{LA}$$

$$S_{totaal} = \frac{QE}{2\pi \cdot k1D1} \cdot K_0 \frac{R}{LA} - \frac{QR}{2\pi \cdot k1D1} \cdot K_0 \frac{R}{LA}$$

waarbij

$$LA = \sqrt{k1D1 \cdot C}$$

QE= onttrokken debiet
QR= retourdebiet

VERLAGINGEN BEREKEND VOLGENS DE GLEE

DOORLATENDVERMOGEN : K1D1 = 1500.0 M2/ETM
SPREIDINGSLENGTE = 670 M
WEERSTAND = 300. ETM
ONTTREKKING = 0.0 M3/UUR
= 7800. M3/DAG

COORDINATEN POMPPUTTEN

X	Y
410.	510.
510.	510.
710.	210.

COORDINATEN PERSPUTTEN

X	Y
210.	610.
510.	310.
710.	410.

AFSTAND (M)	VERLAGING
100.00	1.68
200.00	1.14
300.00	0.84
400.00	0.65
500.00	0.51
1000.00	0.18
1500.00	0.07
2000.00	0.03
2500.00	0.01
3000.00	0.01
4000.00	0.00
5000.00	0.00

VERLAGINGEN BEREKEND VOLGENS DE GLEE

DOORLATENDVERMOGEN : K1D1 = 1500.0 M2/ETM
SPREIDINGSLENGTE = 670 M
WEERSTAND = 300. ETM
ONTTREKKING = 325.0 M3/UUR
= 7800. M3/DAG
INJECTIE = 250.0 M3/UUR
= 6000. M3/DAG

	50.	100.	150.	200.	250.	300.	350.	400.	450.	500.	550.	600.	650.	700.	750.	800.
750.	-0.01	-0.02	-0.02	0.00	0.05	0.11	0.17	0.22	0.26	0.27	0.27	0.25	0.23	0.20	0.18	0.16
700.	-0.03	-0.04	-0.06	-0.05	0.01	0.11	0.21	0.29	0.33	0.35	0.33	0.30	0.26	0.22	0.19	0.16
650.	-0.03	-0.06	-0.12	-0.18	-0.06	0.13	0.27	0.38	0.44	0.45	0.42	0.36	0.29	0.24	0.19	0.16
600.	-0.03	-0.06	-0.14	-0.38	-0.08	0.18	0.38	0.53	0.61	0.61	0.53	0.42	0.32	0.24	0.19	0.16
550.	-0.01	-0.03	-0.06	-0.06	0.06	0.27	0.51	0.78	0.84	0.86	0.68	0.47	0.32	0.22	0.16	0.14
500.	0.01	0.01	0.02	0.06	0.16	0.33	0.57	1.08	0.96	1.15	0.74	0.45	0.27	0.15	0.11	0.11
450.	0.03	0.04	0.07	0.12	0.20	0.32	0.48	0.64	0.69	0.66	0.53	0.35	0.17	0.00	0.01	0.08
400.	0.05	0.07	0.09	0.14	0.20	0.28	0.36	0.42	0.42	0.38	0.32	0.24	0.10	-0.22	-0.03	0.09
350.	0.06	0.08	0.10	0.14	0.18	0.23	0.26	0.27	0.21	0.10	0.13	0.18	0.16	0.11	0.12	0.16
300.	0.07	0.09	0.11	0.13	0.16	0.18	0.20	0.18	0.09	-0.20	0.03	0.18	0.26	0.30	0.29	0.26
250.	0.07	0.09	0.10	0.12	0.14	0.16	0.16	0.14	0.10	0.06	0.13	0.25	0.40	0.56	0.48	0.36
200.	0.07	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.14	0.14	0.13	0.14	0.20	0.30	0.47	0.88	0.60	0.40
150.	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.18	0.23	0.31	0.41	0.51	0.47	0.38
100.	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.19	0.23	0.28	0.34	0.37	0.37	0.32
50.	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.18	0.21	0.25	0.28	0.30	0.29	0.27
0.	0.07	0.08	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.14	0.15	0.17	0.19	0.21	0.23	0.25	0.24	0.23

8 PROGRAMMA DIETZ

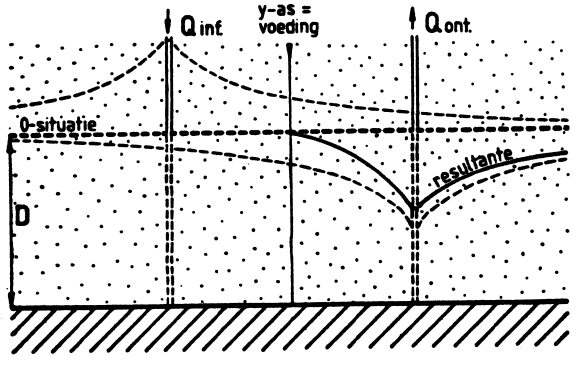
DOEL van het programma is het berekenen van de verlaging van de freatische grondwaterstand, waarbij de berekende verlaging het resultaat is van puntonttrekkingen en gespiegelde retourputten. De retourputten worden hier gebruikt om een voedende grens (b.v. open water) te simuleren.

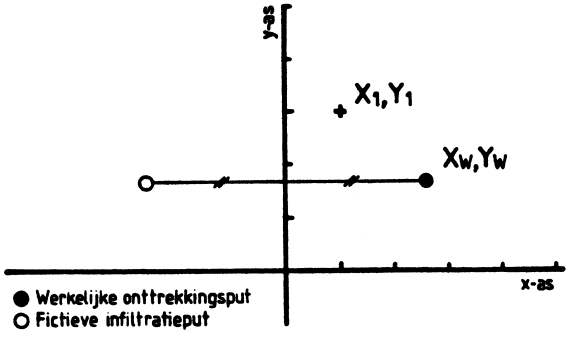
VOORWAARDEN

Het programma DIETZ kan worden toegepast om de invloed van een rechte voedende grens op het verlagingenpatroon in beeld te brengen door middel van imaginaire 'spiegelputten'. In het programma kunnen maximaal 50 onttrekkings- en retourputten worden opgenomen. Gerekend wordt met een totaalcijfer voor de onttrekking en een totaalcijfer voor infiltratie waarbij alle pompen een evenredig aandeel hebben.
Voor de schematisering van de grondwaterstroming wordt uitgegaan van een stationaire tweedimensionale stroming in een homogeen freatisch pakket. In de voedende waterloop heerst een constant peil en de onttrekking heeft plaats over de hele dikte van het pakket (volkomen putten). De formule van THIEM-DUPUIT vormt hierbij de basis voor de berekeningen.
De locaties van de onttrekkingen worden opgegeven ten opzichte van een assenstelsel. Bij toepassing van de formule van DIETZ ontstaan door spiegeling in de Y-as -als voedende grens- retourputten met een debiet gelijk aan de onttrekking. Als resultaat is de verlaging van het freatisch vlak ter hoogte van de voedende grens gelijk aan nul (zie figuur). Het programma DIETZ berekent voor alle coördinaten in het assenstelsel de resulterende verlagingen.
In berekeningen met de formule van DIETZ hoeft de straal van het invloedsgebied niet te worden opgegeven, dit in tegenstelling tot berekeningen met de formule van THIEM-DUPUIT (zie: Kruseman, 1983. par. 3.6.1 en 4.1.1.1).

PROGRAMMA OPBOUW

In de onderstaande figuur is het principe van spiegeling bij een rechte voedende sloot weergegeven. Getoond is de resulterende verlaging t.o.v. de oorspronkelijke grondwaterstand na verrekening van het effect van de (denkbeeldige) infiltratie. De rechter figuur geeft het rekenschema voor het programma DIETZ weer ([X_1,Y_1]= coördinaten assenstelsel, ([X_w,Y_w]= coördinaten bron).





- Het programma kan worden opgestart onder de naam $ DIETZ.
- Door het opstarten van $ DIETZIN kan een file met invoergegevens worden aangemaakt. Het programma vraagt hier de volgende gegevens in te voeren:

  1 Het aantal pompputten NTALPOMP.
  2 De coördinaten van de pompputten B(I), B(I+1).
  3 Het onttrokken debiet per pomp Q (m3/dag).
  4 Het doorlaatvermogen van het freatisch pakket kD (m2/d).
  5 De lengte van de Y-as en het interval voor de verlagingsberekeningen op deze as MAXY, STAPY.
  6 Het interval voor de verlagingsberekeningen op de X-as STAPX. De maximale lengte van de X-as bedraagt 16* STAPX.

N.B. De coördinaten van de putten mogen nooit samenvallen met de coördinaten van het assenstelsel zelf.

- De invoergegevens worden weggeschreven naar de file DIETZ.INP. Met behulp van de vax-editor is het mogelijk invoerfouten te herstellen of een nieuwe invoerfile aan te maken.
- Bij het draaien van het programma DIETZ worden de berekeningsresultaten weggeschreven naar de file DIETZ.OUT. Deze file toont de invoergegevens en een rasterpatroon met de berekende verlagingen.

REKENFORMULES

De basis voor de verlaginsberekening in het freatisch pakket is gebaseerd op de formules van Thiem-Dupuit en Dietz.

Voor de verlaging van het freatisch vlak geldt volgens Thiem-Dupuit:

$$Q = \pi k \frac{h2^2 - h1^2}{\ln(r2/r1)}$$

r2= straal van het invloedsgebied.

Voor de verlaging van het freatisch vlak (S in m)geldt volgens Dietz:

$$S = \frac{Q}{2\pi \cdot kD} \cdot G(X,Y)$$

In een situatie met 1 rechte voedende grens geldt voor de Greensfunctie G:

$$G(X,Y) = \frac{1}{2} \ln \frac{(X1+Xw)^2 + (Y1-Yw)^2}{(X1-Xw)^2 + (Y1-Yw)^2}$$

Verlagingen in een freatisch watervoerend pakket, berekend
volgens de methode van THIEM-DUPUIT.
De pompputten worden hierbij gespiegeld aan de Y-as tot
retourputten met gelijk debiet.
Zie Kruseman en De Ridder, "Analysis and evaluation of pumpingdata"
$3.6.1. en $4.1.1.1.

Invoergegevens:

Doorlaatvermogen (Kd): 200. m2/d
onttrekkingen:
Debiet in m3 per pompput per dag: 300. m3/d
X-coord.Y-coord.
49. 49.

Uitvoer:

	I 10	I 20	I 30	I 40	I 50	I 60	I 70	I 80	I 90	I 100	I 110	I 120	I 130	I 140	I 150	I 160
100	0.05	0.09	0.13	0.16	0.19	0.20	0.20	0.20	0.19	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14
90	0.06	0.11	0.16	0.20	0.23	0.24	0.24	0.23	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14
80	0.07	0.14	0.20	0.26	0.29	0.30	0.28	0.26	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14
70	0.08	0.17	0.25	0.33	0.38	0.37	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15
60	0.09	0.19	0.31	0.44	0.53	0.47	0.39	0.33	0.28	0.25	0.23	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15
50	0.10	0.21	0.34	0.55	1.01	0.55	0.41	0.34	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15
40	0.10	0.20	0.32	0.47	0.57	0.49	0.39	0.33	0.29	0.25	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15
30	0.09	0.17	0.26	0.35	0.40	0.39	0.35	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15
20	0.07	0.14	0.21	0.27	0.30	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.17	0.15	0.15
10	0.06	0.12	0.17	0.21	0.24	0.25	0.25	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14
0	0.05	0.09	0.14	0.17	0.19	0.21	0.21	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14

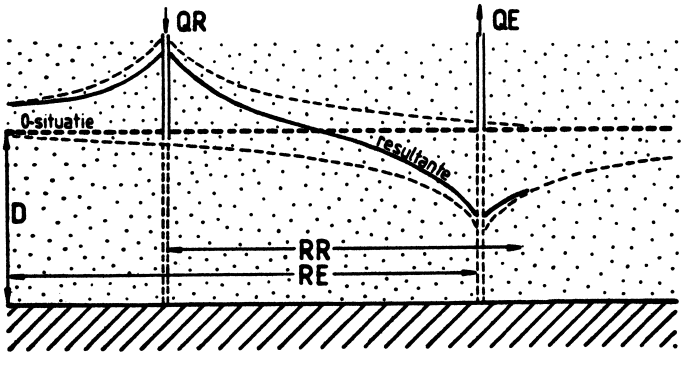
9 PROGRAMMA THIEM-DUPUIT

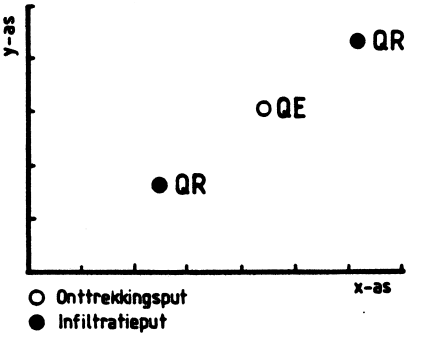
DOEL van het programma is het berekenen van de verlaging van de freatische grondwaterstand, waarbij de berekende verlaging het resultaat is van de combinatie van onttrekkings- en retourputten.

VOORWAARDEN
In het programma kunnen maximaal 50 onttrekkingsputten en 50 retourputten worden opgenomen. De locaties van deze putten worden opgegeven ten opzichte van een assenstelsel. In de berekening kan één waarde voor de onttrekking per pomp en een waarde voor de infiltratie per pomp worden opgegeven.
Het programma berekent voor alle coördinaten in het assenstelsel de resulterende verlagingen met behulp van de formule van THIEM-DUPUIT (zie: Kruseman, 1983. par. 3.6.1).
Voor de schematisering van de grondwaterstroming wordt uitgegaan van een stationaire tweedimensionale stroming in een homogeen freatisch pakket. De onttrekking en voeding heeft plaats over de hele dikte van het pakket (er is sprake van volkomen bronnen) met een constant debiet. De eventuele stijghoogteverschillen in het pakket voor aanvang van de bemaling zijn verwaarloosbaar klein.

Als de retourputten de spiegelputten van de onttrekking zijn (voor b.v. het simuleren van een voedende grens) en als de straal van het invloedsgebied niet bekend is, wordt aangeraden om gebruik te maken van het programma DIETZ

PROGRAMMA OPBOUW
Onderstaande figuur toont de berekende verlaging als totaaleffect van onttrekking en infiltratie t.o.v. de grondwaterstand in rust. De rechter figuur geeft het rekenschema voor het programma THIEM-DUPUIT weer.





- Het programma kan worden gestart onder de naam $ THIEMDUPUIT.
- Door het opstarten van $ THIEMDUPUITIN kan een file met invoergegevens worden aangemaakt. Het programma vraagt hier de volgende gegevens in te voeren:

1 Het aantal pomp- en retourputten NTALPOMP, NTALRET.
2 De coördinaten van de pompputten B(I), B(I+1) (in m).
3 De coördinaten van de retourputten D(I), D(I+1) (in m).
4 De onttrokken- en retourdebieten per pomp QE en QR (in m3/dag).
5 Het doorlaatvermogen van het freatisch pakket kD (in m2/d).
6 De straal van het invloedsgebied van onttrekking- en retourbemaling RE, RR (in m).
7 De lengte van de Y-as en het interval voor de verlagingsberekeningen op deze as MAXY, STAPY.
8 Het interval voor de verlagingsberekeningen op de X-as STAPX. De maximale lengte van de X-as bedraagt 16* STAPX.

N.B. De coördinaten van de putten mogen nooit samenvallen met de coördinaten van het assenstelsel.

- De invoergegevens worden weggeschreven naar de file THIEMDUPUIT.INP. Met behulp van de vax-editor is het mogelijk invoerfouten te herstellen of een nieuwe invoerfile aan te maken.
- Bij het draaien van het programma THIEMDUPUIT worden de berekeningsresultaten weggeschreven naar de file THIEMDUPUIT.OUT. Deze file toont de invoergegevens en een rasterpatroon met de berekende verlagingen (een eventuele verhoging van het freatisch vlak wordt als negatieve waarde weergegeven).

REKENFORMULES

De verlagingsberekening in het freatisch pakket is gebaseerd op de formule van Thiem-Dupuit.

Voor de verlaging van het freatisch vlak geldt volgens Thiem-Dupuit:

$$Q = \pi k \frac{h2^2 - h1^2}{\ln(r2/r1)} = \frac{2\pi \cdot kD(Sm1 - Sm2)}{\ln(r2/r1)}$$

In het programma is deze formule omgeschreven tot:

$$HR^2 - Hr^2 = \frac{Q}{\pi kD} \cdot \ln\frac{R}{r}$$

Waarbij R gelijk is aan de straal van het invloedsgebied.

Invoergegevens:

Doorlaatvermogen (Kd): 250. m2/d
Grens invloedgebied (onttrekkingen): 500. m
Grens invloedgebied (retourputten): 500. m

onttrekkingen:
Debiet in m3 per pompput per dag: 3500. m3/d
X-coord.Y-coord.
499. 500.

retourputten:
Debiet in m3 per retourput per dag: 3500. m3/d
X-coord.Y-coord.
499. 1000.

Uitvoer:

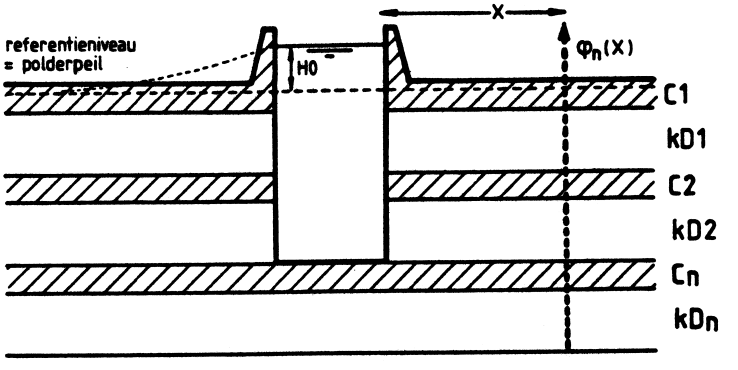
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
1500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1400	0.00	-0.07	-0.71	-0.93	-1.00	-0.93	-0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1300	-0.08	-0.86	-1.21	-1.43	-1.51	-1.43	-1.20	-0.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1200	-0.71	-1.21	-1.60	-1.90	-2.02	-1.89	-1.59	-1.20	-0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1100	-0.93	-1.43	-1.90	-2.38	-2.68	-2.37	-1.89	-1.42	-0.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1000	-1.00	-1.51	-2.03	-2.69	-5.26	-2.67	-2.02	-1.50	-0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
900	-0.93	-1.36	-1.19	-1.45	-1.68	-1.44	-1.19	-1.42	-0.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
800	-0.63	-0.35	-0.39	-0.47	-0.51	-0.46	-0.39	-0.35	-0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
700	0.63	0.35	0.39	0.47	0.51	0.46	0.39	0.35	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
600	0.93	1.36	1.19	1.45	1.68	1.44	1.19	1.42	0.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
500	1.00	1.51	2.03	2.69	5.26	2.67	2.02	1.50	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
400	0.93	1.43	1.90	2.38	2.68	2.37	1.89	1.42	0.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
300	0.71	1.21	1.60	1.90	2.02	1.89	1.59	1.20	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
200	0.08	0.86	1.21	1.43	1.51	1.43	1.20	0.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.07	0.71	0.93	1.00	0.93	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

10 PROGRAMMA MAZURE

DOEL van het programma is het berekenen van de stijghoogte*verandering* in één of meerdere watervoerende pakketten als gevolg van de infiltratie die optreed uit open water (b.v. een meer of rivier) met een constant peil. Het programma berekent geen absolute stijghoogten, maar slechts de toename als gevolg van de infiltratie uit het aangrenzende open water.

VOORWAARDEN

De berekening geschiedt per laag volgens een generalisatie van de formule van MAZURE (Roelse, 1984).
Elke 'laag' is in dit geval een samenstelling van een homogeen watervoerend pakket met een bovenliggende homogene slechtdoorlatende laag. De grondwaterstroming is stationair, in een slechtdoorlatende laag verticaal en in een watervoerend pakket horizontaal verondersteld.
Als voorbeeld van een mogelijke toepassing van het programma is in onderstaande figuur een rivier opgenomen, die in enkele van de opgegeven lagen insnijdt. In het programma wordt steeds uitgegaan van een volledige insnijding, gesimuleerd met een intreeweerstand W=0. Bij niet ingesneden lagen is deze intreeweerstand oneindig groot verondersteld. Dit betekent dat bij een volledige insnijding de stijghoogteverandering van het betreffende pakket ter plaatse van de oever gelijk is aan het openwater-peil. Bij een niet ingesneden laag is de stijghoogteverandering van het onderliggende watervoerende pakket alleen afhankelijk van de verticale stroming door de slechtdoorlatende laag onder de rivier.
Per berekening kan slechts één afstand uit de oever worden opgegeven.



PROGRAMMA OPBOUW

- Het programma kan worden gestart onder de naam $ CTMAZURE en werkt vervolgens interactief. Voor de in- en uitvoergegevens wordt geen aparte file aangemaakt.
- Het programma vraagt de volgende gegevens in te voeren:
  1 Het totaal aantal lagen NL.
  2 Per laag de kD-waarde KD(I) (m2/d) en C-waarde C(I) (d).
  3 Of een bepaalde laag wordt ingesneden (JA/NEE).

4 Het rivierpeil t.o.v. het polderpeil H0 (m).
5 De berekeningslocatie X (in m uit de oever).

- Als resultaat print CTMAZURE een tabel met per laag de invoerwaarden en de berekende stijghoogte voor de opgegeven berekeningsafstand (m).

FORMULES

De berekening van de stijghoogte*veranderingen* in het programma is gebaseerd op een generalisatie van de formule van Mazure. De oorspronkelijke formule geeft voor de stijghoogteverandering in een 1-laagsysteem:

$$\varphi = e^{-x\lambda^{-1}} \cdot \varphi(0)$$

In het programma is de schrijfwijze aangepast voor een n-lagensysteem:

$$\Phi = e^{-x\Lambda^{-1}} \cdot \Phi(0)$$

Om de effecten van het al dan niet ingesneden zijn van de rivier te simuleren zijn bovenstaande formules herschreven:

$$\Phi(0) = H\,(W \cdot kD \cdot \Lambda^{-1} + I)^{-1} \qquad \Phi(x) = e^{-x \cdot \Lambda^{-1}}\,(W \cdot kD \cdot \Lambda^{-1} + I)^{-1} \cdot H$$

waarbij De vector $\Phi(0)$: bevat de stijghoogten t.p.v. de oever.
De vector Φ: bevat de stijghoogten op afstand x uit de oever.
Λ^{-1} = De (eenduidige) wortel van de door het programma zelf samen te stellen systeemmatrix (Λ^{-2}).

H = peil open water.
$W = \frac{H - \Phi_0}{q_0}$ = de intreeweerstand, waarbij q_0 staat voor de flux in het WVP ter plaatse van de oever.

Bij een volledige insnijding door de rivier waarbij W=0, geldt $\Phi(0)=H$. Als rekening wordt gehouden met de intreeweerstand is $\Phi(0) \neq H$.

De berekening van de spreidingslengtes (λ), waarmee een combinatie van KD- en C-waarden wordt aangeduid, is afhankelijk van het aantal lagen in het systeem. Bij een toename van het aantal lagen wordt de verhouding tussen deze waarden steeds complexer (zie b.v de formules bij ONTWAT, VIS2 en BRUG). Toch is het bij n≥2 lagen mogelijk -zonder expliciete formules te gebruiken- het verband tussen λ-, KD- en C-waarden eenduidig te karakteriseren. Deze waarden hangen namelijk nauw samen met de zogenoemde 'eigenwaarden' van de systeemmatrix Λ^{-2}, welke voortkomt uit het stelsel van differentiaalvergelijkingen waarmee een n-lagensysteem beschreven kan worden. Voor een 2-lagen systeem bijvoorbeeld ziet deze systeemmatrix er als volgt uit:

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{kD_1c_1}+\frac{1}{kD_1c_2} & -\frac{1}{kD_1c_1} \\ -\frac{1}{kD_2c_2} & \frac{1}{kD_2c_2} \end{bmatrix}$$

Als de eigenwaarden van deze matrix aangeduid worden met e_1 en e_2, dan geldt:

$$\lambda_{1,2} = \frac{1}{\sqrt{e_{1,2}}}$$

In een een n-lagensysteem gelden dan, als als de eigenwaarden van deze matrix worden aangeduid door e_1 t/m e_n, de spreidingslengtes:

$$\lambda_i = \frac{1}{\sqrt{e_i}}$$

In het programma MAZURE is een algemene subroutine opgenomen voor het berekenen van de eigenwaarden van de matrix. In een situatie met bekende KD- en C-waarden is het aldus mogelijk de λ-waarden te berekenen.

RESULTATEN

OPGEGEVEN AFSTAND UIT DE RIVIEROEVER: 25.00 M

LAAG	C (DAGEN)	KD (M2/DAG)	INSNIJDING	RIVIERPEIL (M)	STIJGHOOGTE (M)
1	1000.00	500.00	JA	2.000	1.936
2	500.00	250.00	JA		1.938
3	200.00	200.00	NEE		1.590
4	2000.00	500.00	NEE		.963

11 PROGRAMMA GETIJ

DOEL van het programma is het berekenen van de stationaire demping en vertraging van de getijbeweging van open water in een aangrenzend meerlagensysteem op een zelf op te geven afstand uit de oever.

VOORWAARDEN

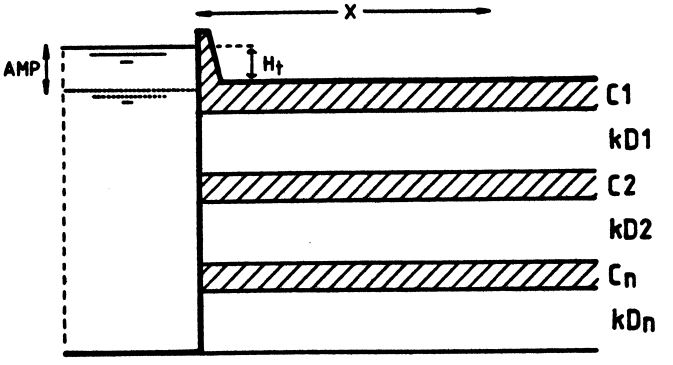
Het programma berekent alleen de stationaire demping en vertraging van het getij van open water in een aangrenzend meerlagenpakket. Demping en vertraging worden berekend in dagen volgens een generalisatie van de formule van BOSCH (Roelse, 1984).

Elke 'laag' bestaat in dit geval uit een samenstelling van een homogeen watervoerend pakket, afgedekt door een homogene slechtdoorlatende laag. De grondwaterstroming is hierbij niet stationair, in een slechtdoorlatende laag verticaal en in een watervoerend pakket horizontaal verondersteld. De overgang met het open water (de oever) is een nagenoeg rechte grens.

Voor de formule van Bosch dient de elastische bergingscoëfficiënt (ε) van het watervoerend pakket te worden opgegeven. De elastische bergingscoëfficiënt geeft de verandering in berging weer welke het gevolg is van een spanningsverandering in het watervoerend pakket.

Het verschil tussen het polderpeil en het peil van het buitenwater, gekenmerkt door een opgegeven amplitude, is in het programma GETIJ als een harmonische functie van de tijd opgenomen. De berekening van demping en vertraging is afhankelijk van deze amplitude, de periode van het getij en de opgegeven bodemconstanten. De gebruikte rekenmethode maakt het mogelijk om eventueel -door het meten van de demping en de vertraging van de amplitude in het veld- het produkt kD.c en/of het quotiënt S/kD te bepalen.

Per berekening kan slechts één afstand uit de oever worden opgegeven.



PROGRAMMA OPBOUW

- Het programma kan worden gestart onder de naam $ GETIJ en werkt vervolgens interactief. Voor in- en uitvoergegevens wordt geen aparte file aangemaakt.
- Het programma vraagt de volgende gegevens in te voeren:
  1 Het aantal lagen NL.
  2 Per laag de KD-waarde KD(I) (m2/d) en C-waarde C(I) (d).
  3 De elastische bergingscoëfficiënt ypsilon (-).
  4 De periode van het getij PER (d).
  5 De amplitude van het getij AMP (m).
  6 De berekeningslocatie X (in m uit de oever).

- Als resultaat print het programma GETIJ een tabel met per laag -naast de invoerwaarden- de berekende dempingsfactor en de vertraging van het getij voor de opgegeven berekeningsafstand.

FORMULES

De in het programma GETIJ gebruikte formules zijn gebaseerd op de volgende vergelijkingen:

1] Een vergelijking die de amplitude en fase (de voortplanting van het getij) beschrijft in een meerlagensysteem. Uitgaande van de figuur wordt de stijghoogte h_t als een zogenaamde harmonische functie voorgesteld:

$$h_t = e^{j\omega t} \cdot \varphi(0) \qquad (1)$$

waarbij $j = \sqrt{-1}$ het complexe getal.

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ T = periode v.h. getij.

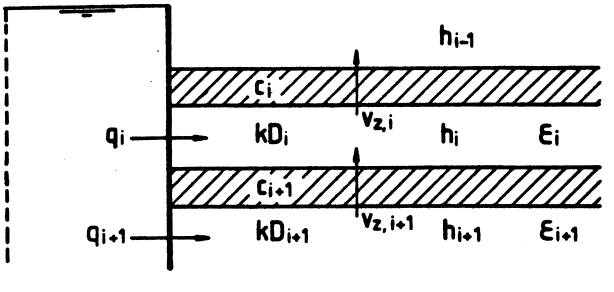
t = de verstreken tijd.

$\varphi(0)$ = de amplitude van het getij t.p.v. de oever (=AMP).

2] De continuïteitsvergelijking van de niet stationaire stromingssituatie voor een meerlagensysteem vereist dat de flux-verandering als functie van plaats evenredig is met de potentiaalverandering als functie van de tijd:

$\left(\frac{\delta q}{\delta x} - \frac{\delta h}{\delta t}\right)$

Zie ook de uitwerking zoals aangegeven in de figuur hiernaast.



Vervolgens kunnen de volgende vergelijkingen worden opgesteld:

$$q_i = kD_i \cdot \frac{dh_i}{dx} \tag{2}$$

$$V_z = \frac{h}{c} = \frac{(h_{i-1} - h_i)}{c_i} + \frac{(h_{i+1} - h_i)}{c_{i+1}} \tag{3}$$

$$\frac{\delta q_i}{\delta x} + V_z = \varepsilon_i \frac{\delta h}{\delta t} \tag{4}$$

Door de aanpassing van vergelijking (1) voor h_i volgt:

$$h_i = e^{j\omega t} \cdot \varphi(i) \tag{1a}$$

Uit substitutie van de vergelijkingen (1a), (2), (3) en (4) ontstaat dan:

$$\frac{\delta^2 \varphi_i}{\delta x^2} + \frac{(\varphi_{i-1} - \varphi_i)}{kD_i\, c_i} + \frac{(\varphi_{i+1} - \varphi_i)}{kD_i\, c_{i+1}} = j \cdot \omega \frac{\varepsilon_i}{kD_i} \cdot \varphi(i) \tag{5}$$

$$\left[\frac{\delta^2 \phi}{\delta x^2}\right] + [-\Lambda^{-2}] = j \cdot \omega \cdot \mathbf{B} \cdot \phi(i) \tag{5a}$$

Hieruit ontstaat een gegeneralisatie van de formule van BOSCH, welke nu in tegenstelling tot de oorspronkelijke formulering voor een meerlagensysteem van toepassing is:

$$\phi = e^{-x\sqrt{\Lambda^{-2} + j\omega \mathbf{B}}} \cdot \phi(0)$$

waarbij Λ^{-2} = door het programma zelf samen te stellen systeemmatrix.
$\mathbf{B}$ = deze matrix bevat de elastische bergingscoëfficiënt ε en de kD-waarden van de watervoerende lagen.

Zoals aangegeven stellen Φ en $\Phi(0)$ dus géén stijghoogten of stijghoogteveranderingen voor, maar 'complexe' vectoren waaruit de amplitude en fase zijn te berekenen. De reële amplitude en de fase in de i°-laag worden gegeven door:

$$\text{Amplitude}_i \text{ (demping)} = \left(Re[\Phi_i]^2 + Im[\Phi_i]^2\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{Fase}_i \quad \text{(vertraging)} = \arctan\left(Im[\Phi_i] / Re[\Phi_i]\right) - k\pi$$

In het programma GETIJ zijn algemene subroutines opgenomen voor het uitvoeren van matrix-berekeningen. Zie hiervoor de toelichting in het programma MAZURE.

RESULTATEN

AMPLITUDE VAN HET BUITENWATER: 2.00 M
OPGEGEVEN AFSTAND: 25.00 M

LAAG	C (DAGEN)	KD (M2/DAG)	ELASTISCHE BERGINGSCOEFFICIENT	DEMPINGSFACTOR	VERTRAGING (DAGEN) EVT. +.5*K*PERIODE
1	1000.00	500.00	.000100	.956	.00146
2	2000.00	300.00	.003000	.824	.01596
3	400.00	250.00	.000600	.903	.00750
4	2000.00	750.00	.000200	.966	.00245

12 PROGRAMMA'S WATERTYPE, STIFFPLOT en IRPLOT

DOEL

De programma's WATERTYPE, STIFFPLOT en IRPLOT zijn te gebruiken voor zowel de presentatie als de beoordeling van waterkwaliteitsgegevens. Het programma WATERTYPE geeft de mogelijkheid tot het invoeren van analyseresultaten van watermonsters en kan deze voorzien van een beoordeling, ze verwerken in tabelvorm of bewerken tot invoerfile voor de programma's STIFFPLOT en IRPLOT. Deze programma's zorgen voor de grafische verwerking van de analysedata tot Stiff-diagram of IR-EGV diagram. Een Stiff-diagram geeft geeft de procentuele verhouding weer van de belangrijkste anionen en kationen, alsmede een indicatie voor de hoeveelheid ionen in oplossing. Een IR-EGV diagram (bekend als Van Wirdum-driehoek) laat de plaats van het monster zien in de hydrologische kringloop, uitgezet tegen atmotroof, lithotroof en thalassotroof water.

VOORWAARDEN

Het programma WATERTYPE typeert een monster volgens het classificatiesysteem van STUYFZAND (Stuyfzand, 1986). Deze typologie is met name geschikt gebleken voor grondwater. Voor de beoordeling van de oppervlaktewaterkwaliteit zijn in het programma nog de (verouderde) IMP-normen voor basiskwaliteit voor een aantal parameters opgenomen. T.z.t. zullen hiervoor de normen uit de Evaluatie Nota Water van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat van toepassing zijn. De nu gepresenteerde beoordeling van de waterkwaliteit is vrij globaal en mede daardoor van beperkte waarde.
Speciaal voor de relatie met de aquatische vegetatie geeft het programma een aantal kenmerken volgens de oppervlaktewatertypologie van ROELOFS (Katwijk en Roelofs, 1988); een studie in opdracht van de Landinrichtingsdienst.

Het programma WATERTYPE voert een tweetal eenvoudige contrôles uit door de bepaling van het verschil tussen de kationen- en de anionensom (ionenbalans) en door bepaling van het verschil tussen het berekende en het gemeten elektrisch geleidingsvermogen. Indien te grote verschillen worden waargenomen volgt een waarschuwing en is enig voorbehoud bij de interpretatie geboden. Mogelijk zijn er fouten gemaakt bij de invoer van gegevens of bevat het monster een (onbekend) ion dat niet in de standaardbepaling is opgenomen.

OPBOUW VAN DE PROGRAMMA'S

- Het invoerprogramma kan worden gestart onder de naam $ WATERTYPE.
- Na het opgeven van een projectnaam kunnen de analyseresultaten interactief worden ingevoerd. Het is ook mogelijk de analyseresultaten rechtstreeks in te lezen, mits op de juiste wijze geformatteerd. Het format van het invoerbestand is verderop weergegeven.
- Het programma WATERTYPE kan een drietal outputfiles aanmaken:
  1] WATERTYPE.OUT: deze file geeft een overzicht van de ingevoerde analysegegevens, een contrôle op ionenbalans en EGV alsmede de IMP-normen voor basiskwaliteit (zie opm.), de classificatie volgens STUYFZAND en de karakteristieken t.b.v. de interpretatie volgens ROELOFS (zie v.b.).
  2] ANALYSEDATA.OUT: deze file geeft een overzicht van de ingevoerde analysegegevens in tabelvorm (zie voorbeeld).

3] KWAL.INP: deze file dient als invoerfile voor de grafische verwerking door de programma's STIFFPLOT en/of IRPLOT.

- De programma's STIFFPLOT en IRPLOT zijn beschikbaar onder de naam $ KWALITEIT, waarna het systeem vraagt welk programma wordt gewenst.
- De file KWAL.INP dient voor beide programma's als invoerfile. Ook het format van deze invoer is hierna weergegeven. Verder moeten namen worden gegeven voor het batchproces, voor de plotfile en voor een contrôlefile.

FORMAT INVOERFILE t.b.v. WATERTYPE

-> regel 1:

Positie	Format	Naam	Beschrijving
1- 3	I3	N	Aantal monsters

De regels 2 t/m 4 worden voor elk monster (N-keer) herhaald.

-> regel 2:

Positie	Format	Naam	Beschrijving
3- 12	A10	MONSTER	Monsterkode
13- 21	A8	DATUM	Bemonsteringsdatum
21- 80	A60	BIJZON-DERHEDEN	Bijzonderheden zoals bodem/Gt, filterdiepte, grondgebruik, etc.

-> regel 3:

Positie	Format	Naam	Beschrijving
3- 8	F6.2	EGV	Elektrisch geleidingsvermogen in mS/m
9- 14	F6.2	PH	PH
15- 20	F6.2	CL	Cl in mg/l
21- 26	F6.2	SO4	SO4 in mg/l
27- 32	F6.2	NO3	NO3 in mg N/l
33- 38	F6.2	NO2	NO2 in mg N/l
39- 44	F6.2	NH4	NH4 in mg N/l
45- 50	F6.2	HCO3	HCO3 in mg/l
55- 56	F6.2	CO3	CO3 in mg/l
57- 62	F6.2	CO2	CO2 in mg/l
63- 68	F6.2	OPO4	Ortho-PO4 in mg/l
69- 74	F6.2	TPO4	Totaal-PO4 in mg/l

-> regel 4:

Positie	Format	Naam	Beschrijving
3- 8	F6.2	CA	Ca in mg/l
9- 14	F6.2	MG	Mg in mg/l
15- 20	F6.2	NA	Na in mg/l
21- 26	F6.2	K	K in mg/l
27- 32	F6.2	FE	Fe in mg/l
33- 38	F6.2	AL	Al in mg/l

FORMAT INVOERFILE t.b.v. STIFFPLOT EN IRPLOT

-> één regel:

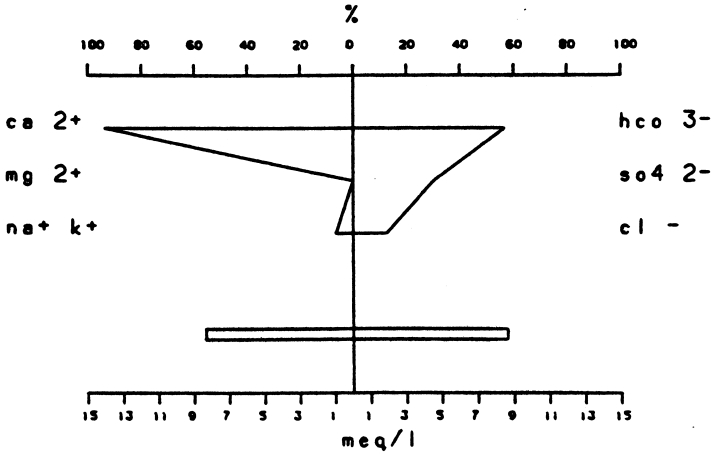
Positie	Format	Naam	Beschrijving
1- 3	I3	NR	Volgnummer
5- 16	A12	NAAM	Monsterkode
18- 25	A8	DAT	Bemonsteringsdatum
27- 36	F10.3	CA	Calcium in mg/l
38- 47	F10.3	MG	Magnesium in mg/l
49- 58	F10.3	NA	Natrium in mg/l
60- 69	F10.3	K	Kalium in mg/l
71- 80	F10.3	CL	Chloride in mg/l
82- 91	F10.3	SO4	Sulfaat in mg/l
93-102	F10.3	HCO3	Waterstof(bi)carbonaat in mg/l
103-112	F10.3	EGV	Elektrisch geleidingsvermogen in mS/m

```
*******************************
* VOORBEELDMONSTER  01.01.94  *
*******************************
Bijzonderheden: b.v. Bodemtype, Grondwatertrap, Actuele grwst, Grondgebruik.

Analyseresultaten: (0.00 = niet bepaald)

EGV      (mS/m):   70.0
pH             :    5.5   IMP-basiskwaliteit : 6.5 < PH < 9.0
Cl       (mg/l):  39.00   IMP-basiskwaliteit : < 200 mg/l
NO3   (mg N/l):   3.10   IMP-basiskwaliteit : < 10 mg (NO3-N + NO2-N)/l
NO2   (mg N/l):   0.00
SO4      (mg/l): 127.00   IMP-basiskwaliteit : < 100 mg/l
HCO3     (mg/l): 300.00
CO3      (mg/l):   0.00
o-PO4 (mg P/l):   0.07
t-PO4 (mg P/l):   0.00   IMP-basiskwaliteit : < 0.15 mg P/l
NH4   (mg N/l):   0.07   IMP-basiskwaliteit : < 0.02 mg N/l
Fe       (mg/l):   0.00
Al       (mg/l):   0.00
Ca       (mg/l): 155.00
Mg       (mg/l):   0.00
Na       (mg/l):  12.00
K        (mg/l):   0.70

Kontrole op de ionenbalans:

Kationen (meq/l)   Anionen (meq/l)
-----------------------------------
 Na:  0.52     Cl:  1.10
  K:  0.02    SO4:  2.64
 Ca:  7.73   HCO3:  4.92
 Mg:  0.00    CO3:  0.00
NH4:  0.00    NO3:  0.22
 Fe:  0.00    NO2:  0.00
 Al:  0.00     OH:  0.00
  H:  0.00  o-PO4:  0.01
-----------------------------------
     8.28          8.89
Het verschil is:  0.61 , dit is   3.55% van de som.

Kontrole op het geleidingsvermogen:

E.G.V. (gemeten in mS/m):      70.0
E.G.V.(berekend in mS/m):      68.2
Het verschil is:               -1.8
Opm.: E.G.V. is berekend excl. CO3, NO2, Al en Fe
---------------------------------
Watertype vgl Stuyfzand: F2-CaHCO3
---------------------------------
Waterkenmerken t.b.v. de interpretatie van de
kwaliteit van oppervlaktewater vlg Katwijk/Roelofs :
-Zuurgraad (pH):   5.5
 Typering: zwak zuur (5.0-6.0)
-Waterstofcarbonaathardheid (alkaliniteit,meq/l):   4.92
 Typering: zeer hard water (>4.0)
-Trofie (orthofosfaat in micromol/l):   2.24
 Typering: voedselrijk (2.0-4.0)
-Totale saliniteit in mmol/l:  11.97
 Typering: ionenrijk water (9-15)
-Aniontypologie: zie ionenbalans
```

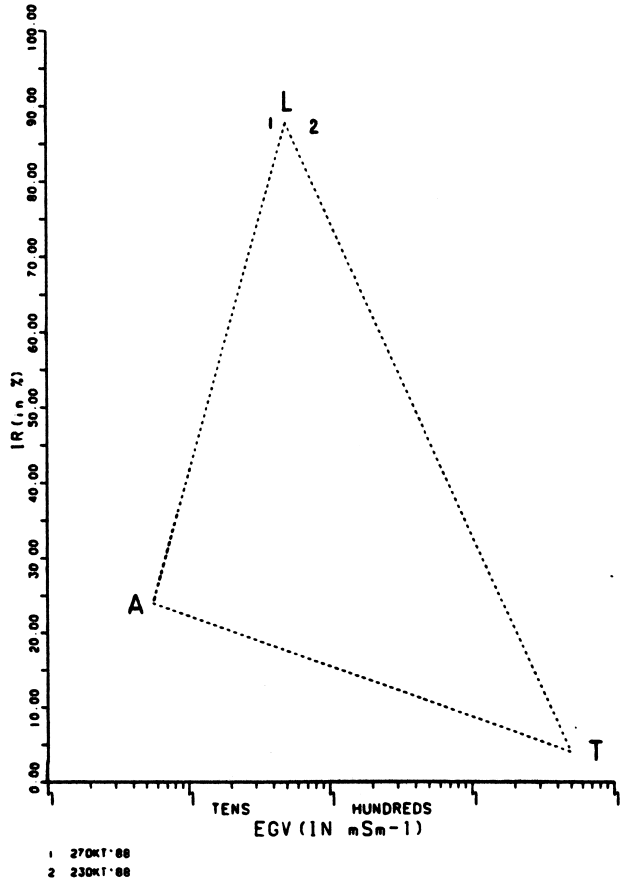
VOORBEELD 1: Overzicht en classificatie van analysedata in WATERTYPE.OUT.

MONSTER	DATUM	EGV mS/m	pH	Cl mg/l	NO3 mg N/l	NO2 mg N/l	SO4 mg/l	HCO3 mg/l	o-PO4 mg P/l	t-PO4 mg P/l	NH4 mg N/l	Fe mg/l	Al mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l
MONSTER 1	01.01.94	70.0	5.5	39.00	3.10	0.00	127.00	300.00	0.07	0.00	0.07	0.00	0.00	155.00	0.00	12.00	0.70
MONSTER 2	01.01.94	42.0	7.0	18.50	18.00	0.00	38.00	195.00	0.10	0.00	1.20	0.00	0.00	86.00	0.00	7.50	1.10
MONSTER 3	01.01.94	64.0	6.5	51.00	9.00	0.00	76.00	255.00	0.85	0.00	0.45	0.00	0.00	124.00	0.00	24.50	0.95
ETCETERA																	

VOORBEELD 2: Presentatie analysegegevens in ANALYSEDATA.OUT



VOORBEELD 3: Analysedata verwerkt tot Stiff-diagram m.b.v. STIFPLOT.



VOORBEELD 4: Analysedata verwerkt tot EGV-diagram m.b.v. IRPLOT.

DRECHT, G. van, 1983. **Berekening van de stationaire grondwaterstroming naar sloten**. Rijksinstituut voor de Drinkwatervoorziening, RID-mededeling 83-3.

ERNST, L.F., 1983. **Wegzijging en kwel, de grondwaterstroming van hogere naar lagere gebieden**. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, rapport nr. 7, Wageningen.

KATWIJK, M.M. van, en J.G.M. Roelofs, 1988. **Vegetaties van waterplanten in relatie tot het milieu**. Katholieke Universiteit Nijmegen in opdracht van de Landinrichtingsdienst.

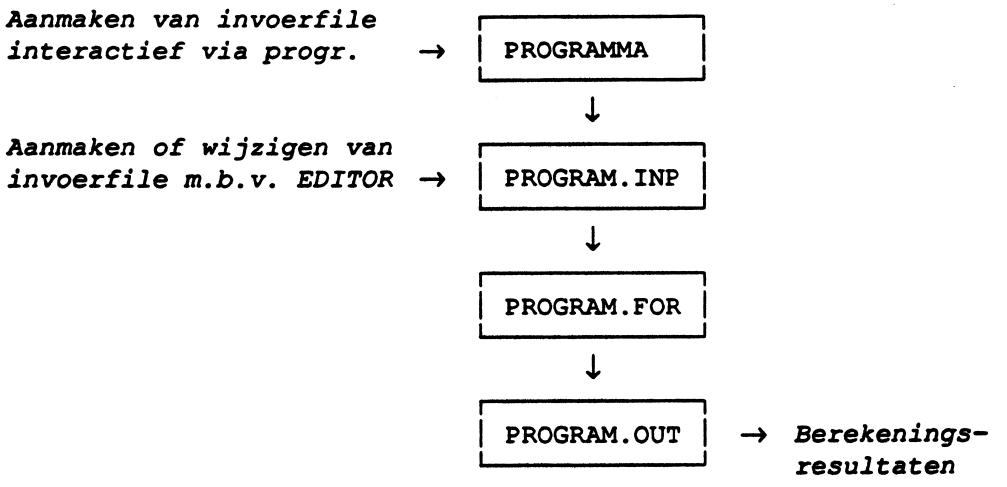
KRUSEMAN, G.P., en N.A. de Ridder, 1991. **Analyses and evaluation of pumping test data**. ILRI-publicatie nr. 47. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen.

ROELSE, A., en K. Maas, 1984. **Multiple Aquifer Flow - Softwarepakket MAF**. Provinciale Waterstaat Zeeland, AOW-rapport.

COGROWA, 1983. **Aanbevelingen voor het geohydrologisch onderzoek ter onderbouwing van vergunningsaanvragen voor grondwateronttrekkingen**. Commissie Grondwaterwet Waterleidingbedrijven, werkgroep Geohydrologische aspecten Grondwaterwinning.

BIJLAGEN ▸

In de onderstaande figuur is de algemene structuur van de programma's voor grondwaterstroming weergegeven:



Figuur 1: Algemene structuur van de programma's voor grondwaterstroming.

De programma's HYMO, GLEEVIS, VIS2 en BRUG geven als berekeningsresultaat de verandering van de freatische grondwaterstand en/of de stijghoogteverandering in verschillende watervoerende pakketten in tabelvorm. Deze resultaten lenen zich voor verschillende vormen van grafische verwerking, waardoor een beter inzicht in de effecten kan worden gegeven.

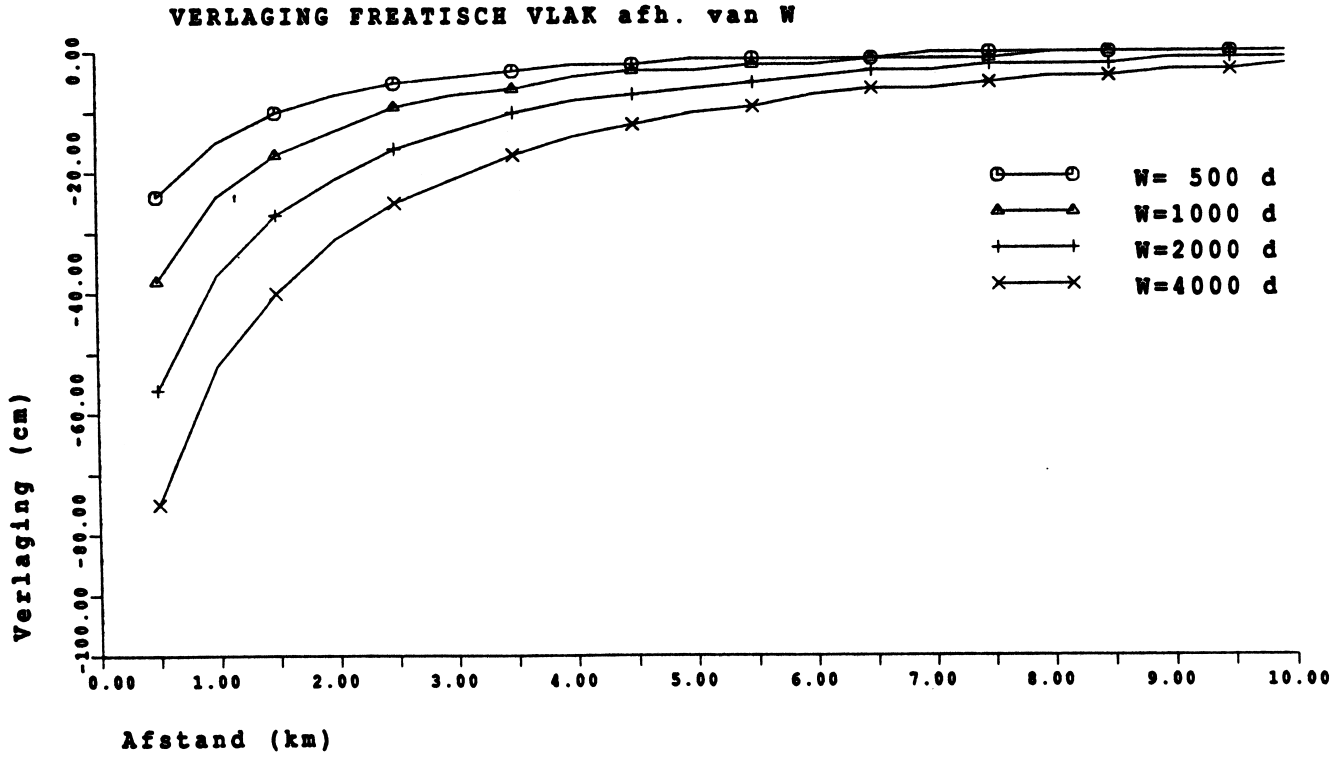
Eén van de (minder bekende) mogelijkheden voor grafische verwerking van stijghoogteveranderingen is het programma PLOTST, hiertoe ontwikkeld door de afdeling Onderzoek van de Landinrichtingsdienst Groningen. Voor dit plotprogramma, dat de gegevens uit een datafile in grafiekvorm presenteert, volgt hieronder een beknopte introductie.

- Het programma PLOTST is geschreven in Fortran en kan opgeroepen worden met het commando: $ RUN disk51:[GRON.PROG.PLOT]PLOTST.
- Het programma maakt in principe een lijn-grafiek, waarbij de benodigde invoer bestaat uit een stuurfile (1) en een datafile (2). Elke plot bevat maximaal 20 lijnen.
  1 In de stuurfile, die via PLOTST kan worden aangemaakt, wordt de lay-out van de te maken grafiek opgegeven. In te voeren gegevens zijn de afmetingen van het assenstelsel (waarden die buiten dit assenstelsel vallen worden op de rand weergegeven), een eventuele titel en legenda, de naam van de datafile(s) en de kolomnummers waarin de waarden voor de te plotten lijn(en) staan en het aantal merktekens per lijn. De datafile moet -eventueel inclusief directory- voor elke lijn opnieuw worden opgegeven. Aan de stuurfile kan een willekeurige naam worden gegeven.
  Als voor de kolom met x-waarden de waarde 0 wordt opgegeven, worden in de grafiek de betreffende regelnummers op de x-as geprint.
  Door voor het aantal merktekens per lijn de waarde -1 op te geven, worden de berekende waarden geprint zonder verbindingslijn.
  2 De benodigde invoerdata voor het plotten van stijghoogteveranderingen staat in dit geval op de uitvoerfile van het gebruikte programma (dus HYMO.OUT, GLEEVIS.OUT, VIS2.OUT of BRUG.OUT). Een datafile voor het programma PLOTST mag alleen kolommen met cijfers bevatten, gescheiden door minimaal één spatie of tab. De genoemde outputfiles dienen hiertoe met behulp van de editor te worden aangepast, daarbij eventueel ook rekening houdend met +/- tekens. Het 'uitlijnen' van kolommen is niet noodzakelijk.

- Aan het eind van het programma kunnen stuur- en datafile tot een plotfile worden gecombineerd. Deze plotfile krijgt de naam PLOTST.PLT.

Als voorbeeld is in de bijlagen een met het programma PLOTST gemaakte grafiek opgenomen. De grafiek toont de invloed van de drainageweerstand op de verlaging van het freatisch vlak, zoals berekend met het programma BRUG.

De onderstaande grafiek is gemaakt met het programma PLOTST.
De grafiek toont de verlaging van het freatisch vlak als gevolg van een grondwateronttrekking tot een afstand van 10 km., zoals berekend met het programma BRUG. De verlaging is sterk afhankelijk van de drainageweerstand (W = 500 tot 4000 dagen).



OVERZICHT HYDROLOGISCHE PROGRAMMA'S

INLEIDING

Om het gebruik van de verschillende hydrologische programma's te vergemakkelijken, alsmede om de programma's beter te kunnen onderhouden zijn deze op een centrale plaats bij elkaar gezet. Tevens is er een vereenvoudigde en gestandaardiseerde methode ontwikkeld om de programma's aan te roepen.
Een aantal van de programma,s zijn nog niet geheel gebruikersvriendelijk,maar er kan wel mee gerekend worden. Degene die op de hierna te behandelen wijze zijn 'ingelogd', krijgen automatisch bericht van de verbeteringen, die zijn aangebracht.
Inlichtingen zijn in het algemeen verkrijgbaar bij de afdeling Waterhuishouding,sectie hydrologie (per 1 nov. Gertjan Doedens tel. 852633) tenzij anders staat aangegeven. Het is overigens gewenst om bij het oplossen van hydrologische problemen in landinrichtingsprojecten de sectie hydrologie op de hoogte te houden.

In dit verslag staat beschreven :
a. welke programma's er beschikbaar zijn
b. hoe ze aangeroepen kunnen worden
c. een korte handleiding voor het werken op de VAX

a. Beschikbare programma's

HYMO

Dit programma berekent de potentiaalveranderingen die ontstaan door wijzigingen van het polderpeil.
Er kan gerekend worden in een situatie met resp. 1,2 of 3 watervoerende pakketten.
Het programma geeft zelf uitgebreid aan hoe de invoer verzorgd moet worden.

ISOTRO (nog niet volledig operationeel)

Ook dit programma berekent de potentiaalveranderingen, die ontstaan door wijzigingen van het polderpeil. Dit programma is echter speciaal ontwikkeld voor gebieden met een sterke anisotropie (grote afwisseling van slecht en goed doorlatende lagen), bovendien kan met dit model rekening gehouden worden met het slotenpatroon.

SLOOT

Dit programma is de eerste van een serie programma's om de drainageweerstand te berekenen op basis van formules van Ernst, Bruggeman en Hooghoudt.
Het programma SLOOT is gebaseerd op de formule van Bruggeman en kan gebruikt worden voor de berekening van stationaire tweedimensionale stroming tussen evenwijdig aan elkaar liggende sloten.

Het programma heeft de volgende parameters als invoer nodig:
1. slootafstand
2. dikte pakket
3. weerstand
4. horizontale doorlatendheid
5. verticale doorlatendheid
6. slootbreedte
7. bodemweerstand
8. slootpeil
9. stijghoogte van het 1e wvp.
10 voeding van het grondwater (neerslag)

Als uitvoer geeft het programma:
1. slootafvoer (kwel of infiltratie)
2. wegzijging door c-laag naar ondergrond
3. gem. hoogte freat. vlak
4. gem. stijghoogte onder sloot
5. drainageweerstand

CAPSEV

Dit programma berekent de (onverzadigde) doorlatendheid aan de hand van textuur en organisch stofgehalte op basis van de methode ontwikkeld door Bloemen.
Het is een volledig interactief programma, een beschrijving ervan staat in de ICW nota 1500 (jan.1984).
Verdere inlichtingen bij Theo Reuling, afd. grondwaterbeheer.
Enige terughoudendheid m.b.t de resultaten van dit model is wel op z'n plaats, met name bij veel humus- en lutumhoudende gronden.
Vaak kan men beter gebruik maken van gemeten K-h relaties.

LAMOS

Dit programma berekent de vochtleverantie door het profiel, het eventueel optredende vochttekort en veranderingen in de grondwaterstand op basis van bodemkundige, meteorologische, en hydrologische gegevens. Er wordt gerekend met intervallen tijdens welke de stroming van bodemvocht stationair wordt gesteld, :pseudo niet-stationair.
Het samenstellen van de invoer kan m.b.v een interactief programma. Tevens is er een uitgebreide gebruikershandleiding voor dit model beschikbaar. Deze kan aangevraagd worden bij Theo Reuling, afdeling grondwaterbeheer.

SWATRE

Een soortgelijk programma als LAMOS, alleen is dit een niet-stationair model.
Voor inlichtingen bel Theo Reuling. (tel. 030-852434)

STATRECT

Dit programma berekent de grondwaterstroming van een bepaald modelgebied. Dit modelgebied wordt daarvoor onderverdeeld in een aantal rechthoekige elementen.(RECTangle) Er kan zowel stati onair als instationair meegerekend worden, voor max. 2 water-voerend pakketten. Van elke ingevoerde en berekende parameter kan een kontourlijnenkaart worden vervaardigd. Een beschrijving van de invoer kan worden aangevraagd bij de afd. waterhuishouding.

TRIST

Een soortgelijk programma als STATRECT, alleen wordt bij TRIST het modelgebied op gedeeld in driehoeken (TRIangle's) TRIST kan meerdere watervoerende pakketten aan en kan zowel stationair als instationair rekenen.

STAPLO

Dit programma haalt de plotuitvoer op uit Petten, aangemaakt met het programma STATRECT.
Het programma vraagt om : job-identification
rekening-nummer
user-name of naam subdirectory
cycle nummer GPCP-file (zie day-file STATRECT-uitvoer)

JAGER

Dit programma berekent de maatgevende afvoer van een stroomgebied volgens de methode van DE JAGER uit neerslagcijfers en afvoermetingen. Men kan dit programma gebruiken met behulp van de toelichting die het programma zelf geeft en een voorbeeld van een input-file. Dit voorbeeld kunt u kopieren d.m.v. het commando:

```
COPY  FROM:  DISK$USER1:[WATER]JAGER.DAT
      TO  :  JAGER.DAT
```

HYDRUR

HYDRUR is een eenvoudig drie-dimensionaal model waarmee grondwaterstanden in bebouwde gebieden kunnen worden berekend.
Het model is nog niet helemaal uitgetest en moet nog in een aantal situaties worden uitgeprobeerd.
Een voorbeeld file van de invoer is te verkrijgen bij de afdeling waterhuishouding.

HYDROPAK

Programma voor het opslaan en verwerken van grondwaterstanden. (Tekenen van tijdstijghoogtelijnen en dwarsprofielen, correleren, voortschrijdende sommen, gemiddelden en dwarsprofielen, bepalen van HG3,LG3 en Gt.)
Het programma werkt interactief en is gebruiksvriendelijk. Voor inlichtingen kan men terecht bij Theo Reuling van afd. Grondwaterbeheer en Gert-Jan Doedens van de afdeling Waterhuishouding

DIVERSEN

Er zijn verschillende analytische programma's beachikbaar voor puntonttrekkingen in 1 of meerdere watervoerende pakketten. Voor inlichttingen kan men terecht bij Gert-Jan Doedens.

b. AANROEPEN VAN DE PROGRAMMA'S

De bovenstaande programma's kunnen aangeroepen worden door het intypen van de naam (of de eerste 4 letters) van het programma, mits men over de juiste LOGIN-file beschikt. Hieronder staat aangegeven hoe men deze LOGIN-file moet kopieren.

```
COPY (return)

FROM: [WATER]LOGIN.HYD

  TO: LOGIN.COM
```

Beschikt men al over een LOGIN-file, dan moet de bovenstaande file daaraan toegevoegd worden. Uiteraard moet men er dan wel opletten dat er geen instructies dubbel voorkomen.

c. HANDLEIDING VAX - AFD. WATERHUISHOUDING

1. INLOGGEN

Class-code: TW
Vervolgens moet de USERNAME ingevuld worden. Deze zal meestal gelijk zijn aan die op de PDP. Komt U hiermee niet het systeem binnen, belt u dan even met OPERATIONS (030 - 852367).
Als uw username langer is dan 9 karakters wordt hij ingekort. Hoe dit gedaan is kunt u zien als u met DIR een listing van uw directory maakt. Boven de listing staat de directory-name. Bij sommige programma's wordt de username gevraagd. U moet dan deze ingekorte naam invullen. Bij het inloggen gebruikt u wel de voledige naam.

Het password kunt u met het onderstaande commando wijzigen:

SET PASSWORD

Op uw scherm verschijnt:

Old password:

nadat u dit heeft ingetypt

New password:

en daarna

Verification:

Bij dit laatste moet u opnieuw uw nieuwe password intypen. Het systeem controleert dan of u tweemaal hetzelfde hebt ingetypt. De passwords verschijnen namelijk niet op het scherm. Bij een tikfout zou u dan niet meer weten wat uw password is.
Vanaf de eerstvolgende keer dat u "inlogt" moet u het nieuwe password gebruiken.

2. EERSTE WERKZAAMHEDEN - DCL COMMANDO'S

Het hanteren van de file's met DCL-commando's gaat op overeenkomstige wijze als op de PDP, maar soms hebben de commando's een enigszins andere uitwerking.

a. HELP

Het systeem beschikt over een HELP-programma waarin veel informatie gegeven wordt. Aanbevolen wordt hier in het begin een ruim gebruik van te maken om de mogelijkheden van het systeem te leren kennen. Met het commando HELP/OUTPUT wordt de HELP-informatie naar de file HELP.LIS gestuurd. Deze kunt u dan printen. Vergeet niet HELP.LIS daarna te deleten. HELP/OUTPUT moet gevolgd worden door de naam van het commando waarover u informatie wenst. Met /* ontvangt u alle informatie die daarop betrekking heeft. Dus bijvoorbeeld:
HELP/OUTPUT CREATE/*

b. DIR
Het DIR-commando geeft een alphabetisch gerangschikte listing van de file's die in uw directory aanwezig zijn. Niet uitsluitend zoals bij de PDP onder elkaar, maar gedeeltelijk ook naast elkaar.
Door toevoeging van parameters kan uitgebreider informatie verkregen worden (zie HELP DIR).

c. COPY
Dit commando dient voor het kopieren van files.
Als u COPY op uw terminal heeft ingetypt verschijnt op uw terminal: "_From:". U vult hier de filenaam van de te kopieren file in. Als de file van een andere directory moet komen, dan vult u de filenaam compleet met de naam van deze Directory in.
Het systeem komt daarna terug met: "To:", waarachter u de naam in kunt vullen die u aan de file wil geven. Wilt u de naam gelijk houden dan kunt u volstaan met *.* of [] in te vullen.

d. PRINT
Met dit commando stuurt u file's naar de printer in UTRECHT.
PRINT filenaam - file wordt eenmaal geprint.
PRINT/COP:2 file1,file2 - beide file's worden tweemaal geprint.
PRINT/BURST - het eerste titel-blad van de file wordt tweemaal geprint. Hierdoor kan de operator de files beter van elkaar scheiden.
PRINT/DELETE - file wordt na het printen verwijderd
PRINT/NOTIFY - na het printen wordt gemeld dat de file gereed is.

e. TYPE
Met "type filenaam" krijgt u de file op het scherm te zien. Door

f. CTRL Y (of CTRL C)
in te typen wordt dit type-commando afgebroken.
Dit geldt voor de meeste andere commando's en bewerkingen.
Wanneer u dit tijdens de uitvoering van een programma of procedure doet kan dit wel tot gevolg hebben dat er hulp-file's of journaal-file's van EDT in uw directory staan. Deze worden bij normale verwerking door het programma zelf verwijderd.

CTRL T - geeft de nog beschikbare CPU-time

g. SHOW
SHO QUEUE queue-name
SHO QUEUE LPA0 - Geeft de queue van file's die geprint worden of staan te wachten.
SHO QUEUE CA1038- Idem voor plotjobs.
SHO QUEUE/BATCH/ALL - Geeft een overzicht van alle batch-queues.
SHO QUOTA - Laat zien hoeveel disk-ruimte u in beslag neemt en hoeveel u nog over heeft.
SHO USERS - Geeft een lijst van VAX-gebruikers, die ingelogd zijn.
SHO PROC - Geeft onder andere de UIC -code, bijv. [430,010]

h. DELETE
Voor het delete-commando geldt dat in de filenaam ook het versie-nummer meegegeven moet worden.
Bij DELETE/CONFIRM (of DEL/CON) krijgt men gelegenheid met Y of N te antwoorden alvorens het commando (wel of niet) wordt uitgevoerd.
Bij DEL/LOG worden op het scherm de namen van de verwijderde file's getoond. (Maar dan is het soms al te laat !)

3. HET CREEREN VAN SUBDIRECTORIES

Een groot aantal file's in een directory is onoverzichtelijk. Op de VAX is het mogelijk zelf SUBDIRECTORIES te maken, zodat u uw file's gescheiden naar onderwerp kunt opbergen.
Het commando hiervoor is:

```
CREATE/DIR [USERNAME.naam]
```

Is uw username JANSEN en wilt u een subdirectory maken voor de Ruilverkaveling PROEFLAND, dan wordt het commando:

```
CREATE/DIR [JANSEN.PROEFLAND]
```

De naam mag maximaal 9 karakters groot zijn.
U gaat naar de subdirectory met het commando:

```
SET DEFAULT [JANSEN.PROEFLAND] of
SET DEF [.PROEFLAND]     (Zie ook punt 5.)
```

U plaatst vervolgens de files die op deze ruilverkaveling betrekking hebben in deze subdirectory. Dat kan door middel van het COPY- of RENname commando.
De file('s) na het kopieren uit de Directory [JANSEN] (de zgn. HOME-directory) verwijderen met DELETE-commando's. Bij gebruik van rename worden de files direct uit de HOME-directory verwijderd en in de subdirectory geplaatst.

In de home-directory is door het create-commando de file PROEFLAND.DIR ontstaan. Er kunnen meerdere subdirectories gemaakt worden. Door in te typen:
"DIR *.dir" krijgt u een lijst van alle subdirectories die u gemaakt heeft. Ook vanuit een sub-directory kunnen weer subdirectories gemaakt worden. De naam van zo'n Directory wordt dan bijv: [JANSEN.PROEFLAND.OUTPUT]

4. BIJZONDERE COMMANDO'S

a. EDT
De tekst-editor is niet veranderd. Voor het aanroepen is ED voldoende.

b. CYB
Dit is de VAX-versie van BGP. Na "CYB <return>" vraagt het systeem om de file-naam. Als die ingetypt is volgt de boodschap :

Job submitted to CYBER

U mag ook intypen CYB file-naam en dan de return-toets.
U kunt niet in een input- of outputqueue kijken.
Afhankelijk van de organisatie van het JOB-deck komt de output rechtstreeks op de printer of in uw Directory, of subdirectory.

c. PLOT
Nadat plotoutput van de CYBER terugontvangen is geeft u het commando PLOT. Op het scherm komt de vraag om de filenaam. Als deze is ingevuld wordt de file in de CA1038-queue van de plotter geplaatst en verwerkt.
(U mag ook intypen PLOT filename en dan de return-toets).

5. LOGIN.COM - logical names and symbols

Eerder is vermeld dat u om de gewenste programma's te kunnen gebruiken de file login.com in uw directory moet opnemen. Een file met deze naam wordt automatisch bij het inloggen uitgevoerd.
De te kopieren file LOGIN.HYD bevat de volgende commando's:

```
a. $SET PROTECTION=(SY:RWED,OW:RWED,GR:RWE,WO:RWE)/DEFAULT
b. $SET CONTROL= (T,Y)
c. $ @ DISK$USER1:[WATER]HYDROL.COM
d. $EDT  :== EDIT
e. $D    :== DIR/SIZE/DATE
f. $DITO :== DIR/MODIFIED/SINCE=TODAY/SIZE/DATE
g. $P    :== PRINT/BURST
h. $SQP  :== SH QUEUE LPA0/ALL
i. $SQC  :== SH QUEUE CA1038
j. $SQB  :== sh queue SYS$BATCH
```

Toelichting:

ad a. Hiermee wordt de default-waarde van de protectie-code zoals die op het systeem zit gewijzigd. De gebruikers van de programmma's van Waterhuishouding zijn "WORLD" ten opzichte van deze afdeling. Handhaving van de default-waarde zou inhouden dat onderling geen file's kunnen worden uitgewisseld.

ad b. CTRL T geeft de CPU-tijd aan, max. CPU-time op de VAX is 10 minuten.

ad c. Met dit commando wordt de COMMAND-procedure HYDROL.COM aangeroepen. Hierdoor wordt het gebruik van de programma's mogelijk gemaakt.

De nu volgende logical symbols zijn bedoeld om lange en vaak te gebruiken DCL commando's te vervangen. U kunt hier zelf naar wens symbolen aan toevoegen door uw file LOGIN.COM in EDT te wijzigen.

ad d. De default aanroep van EDT is ED. Omdat de meeste gebruikers gewend zijn EDT in te typen is dit commando in de login.com opgenomen.

ad e. Intypen van D in plaats van DIR geeft een listing van uw directory op "PDP-manier" maar dan wel in alphabetische volgorde. De datum is de datum waarop de file is gemaakt.

ad f. DITO is ook een variatie op het DIR-commando. DITO geeft uitsluitend de file's die op de datum van de dag zelf zijn aangemaakt.

ad g. P is de afkorting van het printcommando PRINT/BURST, dus met 2x het eerste blad

ad h. SQP geeft de file's die in de PRINT-queue staan.

ad i. SQC geeft de file's die in de PLOT-queue staan.

ad j. SQB geeft de file's die in de BATCH-queue staan.

Om de commando's waarmee men van directory verandert te vereenvoudigen kan men bijv. in de login.com opnemen:

```
$ HOME :== SET DEFAULT [JANSEN]
$ PROE*FLAND :== SET DEFAULT [JANSEN.PROEFLAND]
```

Het * in PROE*FLAND wil zeggen dat afkorting is toegestaan tot minimaal de voorgaande letters, in dit geval 4.

6. COMMANDO'S VOOR HET AANROEPEN VAN DE PROGRAMMA'S

In het algemeen geldt dat de toegang tot de programma's plaatsvindt door de naam van het programma in te typen. Toegestaan is een afkorting tot 4 letters, behalve voor het programma HYDRUR, hiervoor is de volledige naam vereist.

7. TAPE-handling

De commando's voor het gebruik van tape's op de VAX wijken iets af van die op de PDP zoals is aangegeven in de handleiding "GEBRUIK VAN TAPE'S OP DE PDP-11/70 TE UTRECHT" van de afdeling Waterhuishouding dd APRIL 1983.

De huidige werkwijze is als volgt:

1. Ophangen van de tape.
   Dit gebeurt op telefonisch verzoek aan de operator, of door middel van het REQUEST-commando.

2. Als de tape hangt het volgende commando intypen:

   ```
   MOU/FOR MFA0:
   ```

Schrijven naar en lezen van tape kan met FLX.
De aanroep is MC FLX.
Nieuwe tape's of tape's die men geheel opnieuw wil beschrijven moeten geinitialiseerd worden. Het FLX-commando hiervoor is: MF:/ZE (compleet: FLX>MF:/ZE).

3. Op tape (bij)schrijven van file's:

   ```
   FLX>MF:/DO=NAAM1.TY1,NAAM2.TY2,...../RS
   ```

4. Van tape lezen van file's:

   ```
   FLX>/RS=MF:[*,*]NAAM1.TP1,NAAM2.TP2,...../DO
   ```

   ([*,*] kan weggelaten worden als de file's vanuit uw eigen directory op tape gezet zijn.)

5. Listing van de tape-inhoud.

   ```
   FLX>TAPEnnn.lis=MF:[*,*]/LI
   ```

6. "Dismounten"

   Als u gereed bent afsluiten met het commando:

   ```
   DISM MFA0:
   ```

7. Tapes kunnen ook op andere wijze worden beschreven of gelezen (b.v. m.b.v COPY) Neem hiervoor contact op met de operator. (tel 030-852367)

8. TOEZENDING PRINT- EN PLOTOUPUT

Om de toezending van uw output te bespoedigen en te vergemakkelijken is de procedure TOEZENDING geinstalleerd. Deze zorgt er voor dat het eerste blad van uw output een tekst bevat waarin om toezending gevraagd wordt naar een opgegeven adres. De aanroep wordt gevormd door minimaal de eerste vier letters van TOEZending. Gevraagd wordt aan wie toezending moet plaatsvinden. Omdat dit als regel degene zal zijn die op het systeem is ingelogd zijn de USERNAME's reeds in het 'adressenbestand' opgenomen. Mocht u aanvullingen wensen dan kan hierin voorzien worden.

Voor de plotoutput is deze mogelijkheid er nog niet. Vooralsnog moet hier telefonisch overleg over gepleegd worden (030-852367).

HANDLEIDINGEN "LD-MUST" EN "ANALYTISCHE MODELLEN"

Het programma LD-MUST is een krachtig instrument om de stroming en de vochtbalans in de onverzadigde zone te berekenen. Het is een relatief eenvoudig te gebruiken model waarmee, eerst en vooral, de actuele verdamping goed valt te simuleren in allerlei specifieke situaties. Om kort te gaan, daar waar grondwaterstromingsmodellen ophouden, begint LD-MUST. De vereiste voorkennis is vooral bodemfysisch-hydrologisch. Het gebruik van het programma, zowel voor PC als voor de VAX, vereist alleen een elementaire kennis van beide computersystemen.
LD-MUST is tevens uitstekend geschikt om opbrengstdepressies te berekenen onder allerlei specifieke omstandigheden waarmee u rekening wenst te houden, zoals afwijkende bodemgesteldheden met de daarbij behorende bodemfysische karakteristieken (bijvoorbeeld af te leiden uit de Staringreeks, waarvan onlangs een herziene versie is uitgebracht). Maar ook afwijkende gewaseigenschappen en nauwkeurige specificatie van de meteorologie behoren tot de mogelijkheden.
De inzet van LD-MUST zal juist voor dergelijke afwijkende omstandigheden, waarvoor in de HELP-tabel bijvoorbeeld niet is voorzien, zijn waarde kunnen bewijzen.

In de handleiding ANALYTISCHE MODELLEN zijn de beschrijvingen van een aantal eenvoudig toepasbare grondwaterstromingsprogramma's bijeengebracht, waarvan een paar al reeds lang in gebruik zijn bij de LD: HYMO, SLOOT en ONTWAT, programma's die relaties beschrijven tussen grondwater en oppervlaktewater, zullen voor velen van u geen onbekenden zijn. De methodes waarvan deze programma's gebruik maken, worden in Nederland algemeen en veel toegepast.
SLOOT, gebaseerd op een methode Bruggeman, beschrijft de grondwaterstroming sloot-perceel. HYMO en ONTWAT, gebaseerd op een methode van Ernst, is vooral geschikt voor berekening van grondwaterstroming van hogere naar lagere gebieden, waarvan de grondwaterstanden bepaald zijn door de af- en ontwateringssystemen (zoals bijv. polders).
Hoewel deze programma's natuurlijk niet alles kunnen, zijn ze zeer geschikt om op snelle wijze een eerste snelle kwantitatieve onderbouwing te verkrijgen. De mogelijkheid om met ONTWAT en SLOOT drainageweerstanden te berekenen heeft bijvoorbeeld ook voor numeriek vervolgonderzoek grote waarde.
Daarnaast zijn een aantal programma's voor het eerst opgenomen waarmee potentiaalverlagingen door grondwateronttrekkingen kunnen worden berekend. Ook deze programma's zijn zeer geschikt voor een snelle eerste, globale kwantitatieve onderbouwing als het gaat om effecten van onttrekkingen.

De inzet van deze bundel programma's voor de VAX vereist weinig tijd en moeite. Uiteraard gaat het om het verzamelen van de juiste invoergegevens. En of dit nu wordt gedaan voor numerieke modellen of voor modellen zoals in deze handleiding, daar gaat altijd de meeste tijd in zitten.

Alle programma's zijn beschikbaar op de ZEUS-machine te Westraven.