ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

ALTERRA,
Wageningen Universiteit & Research centre
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Waterbeheer

ICW nota 1842

februari 1988

nota

instituut voor cultuurtechniek en waterhuishouding, wageningen

GEBRUIKERSHANDLEIDING VAN HET MODEL VOOR PEILBEHEER HYMUST

WERKGROEP ZUID-HOLLAND III

K. Oostindie, dr. P.J.T. van Bakel



ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

ALTERRA
Wageningen Universiteit & Research centr
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Waterbeheer

ICW nota 1842

februari 1988

nota

instituut voor cultuurtechniek en waterhuishouding, wageningen

GEBRUIKERSHANDLEIDING VAN HET MODEL VOOR PEILBEHEER HYMUST

WERKGROEP ZUID-HOLLAND III

K. Oostindie, dr. P.J.T. van Bakel

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatie-middelen, dus geen officiële publikaties.
Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.
Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

ICW nota 1842

februari 1988

GEBRUIKERSHANDLEIDING VAN HET MODEL VOOR PEILBEHEER HYMUST

WERKGROEP ZUID-HOLLAND III

K. Oostindie, dr. P.J.T. van Bakel

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING	1
2. THEORETISCHE ACHTERGRONDEN EN MODELLERING VAN HET HYDROLOGISCH SYSTEEM	3
2.1. Inleiding	3
2.2. Basisvergelijkingen voor de grondwaterstroming	3
2.3. Begin- en randvoorwaarden	10
2.4. Schematisering van het hydrologisch systeem	11
3. HET COMPUTERPROGRAMMA HYMUST	20
3.1. Algemeen	20
3.2. Benodigde invoerfiles	21
3.2.1. Vakkenfile	21
3.2.2. Meteofile	23
3.2.3. Bodemfysische gegevens	24
4. HET WERKEN MET HET MODEL VOOR PEILBEHEER	27
4.1. De voorbewerking	27
4.2. Het draaien van HYMUST	32
4.3. De nabewerking	34
4.4. HELP programmatuur	38
4.5. Een getallenvoorbeeld	39
REFERENTIES	43
BIJLAGEN	44

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

ALTERRA,
Wageningen Universiteit & Research centr
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Waterbeheer

1. INLEIDING

In het kader van het voortgezet onderzoek Kanaal Waddinxveen-Voorburg is het model HYDRO ontwikkeld, waarmee de berekening van de aanvoerbehoefte voor peilbeheer voor het noordelijk deel van de provincie Zuid-Holland is uitgevoerd (WERKGROEP ICW,1981).
Voor het berekenen van de aanvoerbehoefte voor de rest van deze provincie werd in 1984 door GS van Zuid-Holland een opdracht verstrekt. In het kader van deze opdracht werd nagegaan of het model HYDRO aanpassing behoefde. Besloten werd om het gedeelte dat betrekking had op de modellering van de stroming van water in de onverzadigde zone te vervangen door het model MUST, ontwikkeld in het kader van de activiteiten van de Commissie Waterhuishouding Gelderland (De LAAT,1985). De redenen hiervoor waren:

- de modellering van de onverzadigde zone volgens het concept in HYDRO (geen onderscheid tussen wortelzone en ondergrond en eèn eenduidige relatie tussen grondwaterstand en capillaire opstijging) is niet erg realistisch;
- het model MUST modelleert de onverzadigde zone in twee reservoirs: de wortelzone en de onverzadigde ondergrond. Dit biedt de mogelijkheid tot een betere beschrijving van het dynamisch gedrag van water in de bodem. Met name de koppeling van actuele evapotranspiratie aan de watervoorraad in de wortelzone is op deze manier mogelijk;
- het ter beschikking komen van een gebruikersvriendelijke handleiding van het model MUST;
- in vergelijking met het model SWATRE zijn de rekentijden veel korter. Dit is (was) van groot belang omdat grote aantallen eenheden gedurende een periode van 50 jaar moesten worden doorgerekend.

De methodiek van koppeling van gebiedsgegevens aan het model MUST, via een numerieke code, werd echter wel van HYDRO overgenomen. Aldus ontstond een kruising tusssen HYDRO en MUST, genaamd HYMUST. Dit model is vervolgens toegepast op de Zuidhollandse eilanden en waarden. De

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

resultaten hiervan staan beschreven in ICW-nota 1801 getiteld: 'WATER-AANVOERBEHOEFTE ZUIDHOLLANDSE EILANDEN EN WAARDEN'.

De bedoeling van onderhavige nota is het geven van een gebruikershandleiding. In hoofdstuk 2 worden allereerst in het kort de theoretische achtergronden en de modellering van het hydrologisch systeem gegeven. Hoofdstuk 3 geeft de beschrijving van het model HYMUST en de benodigde invoergegevens, terwijl in hoofdstuk 4 staat beschreven hoe het model kan worden gedraaid en welke voor- en nabewerkingen moeten of kunnen worden uitgevoerd. In de diverse bijlages tenslotte staan voorbeelden van in- en uitvoer en de lijst van variabelen.

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

2. THEORETISCHE ACHTERGRONDEN EN MODELLERING VAN HET HYDROLOGISCH SYSTEEM

2.1. Inleiding

In een gebruikershandleiding behoeven niet uitputtend de theoretische achtergronden te worden behandeld. Daarom zal hier worden volstaan met het geven van de meest belangrijke basisvergelijkingen voor de stroming van water in de onverzadigde zone en voor de interactie tussen grond- en oppervlaktewater. De schematisatie van de hydrologische processen ten behoeve van van de modellering in HYMUST zal wat ruimere aandacht krijgen.

2.2. Basisvergelijkingen voor de grondwaterstroming*

Water stroomt van plaatsen met hoge energie naar plaatsen met lage energie. De energietoestand van het water in de grond kan men omschrijven met het begrip potentiaal. Dit is een uitdrukking voor de capaciteit van een massa eenheid water om werk te doen in vergelijking met een massa eenheid vrij water die per definitie een potentiaal gelijk aan nul heeft.
In de hydrologie geeft men er de voorkeur aan de potentiaal niet per eenheid van de massa, maar per eenheid van gewicht te beschouwen. In dat geval heeft energie de dimensie van lengte, die gewoonlijk wordt uitgedrukt in 'lengte waterkolom'. Verder gaat men er van uit dat de dichtheid van het water ρ ($kg.m^{-3}$) en de versnelling van de zwaartekracht g ($m.s^{-2}$) constant zijn. De potentialen worden gedefinieerd ten opzichte van de referentietoestand van water (met een chemische samenstelling, die gelijk is aan het water in de grond) bij atmosferische druk en referentievlak nul.

*Deze paragraaf is een verkorte versie van de beschrijving van theoretische achtergronden in 'Rapport en Aanbevelingen van de Contactgroep Grondwatermodellen, CHO-TNO (1978), Rapporten en nota's no 2'

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

De potentiaal bestaat in theorie uit een aantal deelpotentialen:

$$h = h_g + h_m + h_{p.hydr} + h_{p.ext} + h_{osm} \quad (m) \qquad (2.1)$$

waarin: h = totale water potentiaal

h_g = zwaartekrachtspotentiaal, veroorzaakt door de zwaartekracht

h_m = matrix potentiaal, veroorzaakt door de interactie van grond en water

$h_{p.hydr}$ = hydrostatische potentiaal, veroorzaakt door hydrostatische druk

$h_{p.ext}$ = pneumatische potentiaal, veroorzaakt door de externe gasdruk

h_{osm} = osmotische potentiaal, veroorzaakt door de osmotische krachten

De zwaartekrachtspotentiaal h_g is in ieder punt gelijk aan de hoogte ten opzichte van een willekeurig referentievlak.
De matrixpotentiaal h_m is nul in de verzadigde zone (freatisch water) en negatief in de onverzadigde zone (capillair water). Hierbij wordt gemakshalve afgezien van de complicaties die ontstaan door enerzijds luchtinsluiting in het freatisch water en anderzijds het voorkomen van een verzadigde capillaire zone.
Teneinde de moeilijkheden van een negatieve stijghoogte in de onverzadigde zone te ontlopen, wordt vaak gesproken van een vocht- of zuigspanning h_m^* $(= -h_m)$.
De hydrostatische potentiaal $h_{p.hydr}$ is nul in de onverzadigde zone en gelijk aan $p_h/\rho g$ in de verzadigde zone, waarin p_h is de hydrostatische druk van het water. Ze is gelijk aan de lengte ℓ van de vloeistofkolom in een stijgbuis. Veelal wordt het verschil tussen h_m en $h_{p.hydr}$ niet aangebracht.
De pneumatische potentiaal $h_{p.ext}$ kunnen we verwaarlozen omdat de externe druk in de grond praktisch gelijk is aan de atmosferische druk.

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

De osmotische potentiaal h_{osm} is gelijk aan nul omdat we meten ten opzichte van vrij water met dezelfde chemische samenstelling.
Alles bijeengenomen betekent dit voor de praktijk dat in een systeem met z als de vertikale ordinaat, positief naar boven gerekend, geldt:

$h = z + \ell$ voor de verzadigde zone (m)
$h = z + h_p$ voor de onverzadigde zone (m)

Verschillen in h bepalen de richting en de grootte van de stroming van het grondwater.
De basis voor de berekeningen van grondwaterstroming is de Wet van Darcy. In zijn algemene, 3-dimensionale vorm luidt deze wet:

$$\bar{q} = -K(S_w)\nabla h \qquad (2.2)$$

waarbij: $\bar{q} = (q_x, q_y, q_z)$ = flux $(m^3.m^{-2}.d^{-1})$
K = doorlaatfactor $(m.d^{-1})$
S_w = relatieve waterverzadiging $(0 < S_w < 1)$ $(m^3.m^{-3})$
h = grondwaterpotentiaal (m)
$\nabla h = (\frac{\partial h}{\partial x}, \frac{\partial h}{\partial y}, \frac{\partial h}{\partial z})$ = grad h $(m.m^{-1})$

In het algemeen is de doorlaatfactor K niet alleen afhankelijk van S_w, maar ook van de plaats (inhomogeniteit), stromingsrichting (anisotropie) en temperatuur.

De continuïteitsvergelijking wordt gevonden door een massabalans voor een oneindig klein volume-element op te stellen:

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

$$-\nabla(\rho\bar{q}) + \rho Q = \frac{\partial}{\partial t}(\rho n S_w) \qquad (2.3)$$

waarbij: $-\nabla(\rho\bar{q}) = \frac{\partial}{\partial x}(\rho q_x) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho q_y) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho q_z) = \text{div } \rho\bar{q}$

ρ = dichtheid van het water ($kg.m^{-3}$)

Q = hoeveelheid water van buiten het systeem toegevoerd, per volume-eenheid, per tijdseenheid ($m^3.m^{-3}.d^{-1}$)

n = porositeit (poriënvolume) ($m^3.m^{-3}$)

t = tijd (d)

Substitutie van de Wet van Darcy in de continuïteitsvergelijking geeft dan de algemene differentiaalvergelijking voor grondwaterstroming:

$$\nabla\{\rho K(S_w)\nabla h\} + \rho Q = \frac{\partial}{\partial t}(\rho n S_w) \qquad (2.4)$$

Alvorens in te gaan op een verdere uitwerking van vergelijking (2.4) voor zowel de verzadigde grondwaterstroming als de onverzadigde grondwaterstroming, lijkt een toelichting op de term Q gewenst. Uit het volgende zal blijken dat deze term enerzijds afhangt van de begrenzing van het beschouwde systeem en de modelaannamen, terwijl anderzijds deze term de relatie aangeeft met het grondwaterbeheer (onttrekking, subinfiltratie, peilbeheer oppervlaktewater en drainage). Uit de gegeven definitie van Q blijkt dat deze bepaald wordt door de begrenzing van het grondwatersysteem. Voor het integrale systeem (verzadigd + onverzadigd) kan Q als functie van x, y, z en t worden uitgesplitst:

$$Q = Q_e + Q_o + Q_g + Q_w \qquad (2.5)$$

waarin: Q_e = de kunstmatige toevoer of onttrekking van grondwater

Q_o = de afstroming naar of toevoer vanuit het oppervlaktewater

Q_g = de verticale stroming tussen de watervoerende pakketten

Q_w = is samengesteld uit de voeding van onverzadigde zone (neerslag) en de uitdroging van de onverzadigde zone via de verdamping

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

Voor het geval dat alleen het verzadigde grondwatersysteem wordt beschouwd, wordt in vergelijking (2.5) Q_w gedefinieerd als de stroming naar of uit de onverzadigde zone. Bij de meeste modellen wordt in dit geval de term Q_w gelijk gesteld aan de nuttige neerslag, welke gelijk is aan neerslag minus verdamping.
De relatie tussen het grondwater en het oppervlaktewater Q_o wordt bepaald door het potentiaalverschil tussen het grondwater en het oppervlaktewater en de weerstanden, die daarbij overwonnen moeten worden, zoals horizontale-, radiale- en intreeweerstanden.

Basisvergelijkingen voor de onverzadigde zone

Bij de bespreking van het begrip potentiaal is naar voren gekomen dat de lokale stijghoogte van het bodemvocht h_p wordt veroorzaakt door de lokale interactie van grond en water. Op en onder het freatisch vlak is $h_p = 0$. In de rusttoestand neemt met toenemende hoogte boven dit vlak h_p af, de grond kan het water moeilijker vasthouden en steeds meer poriën zullen water verliezen. Hierdoor zal het vochtgehalte θ van de grond afnemen. Hieruit volgt een zekere relatie tussen θ en h_p:

$$\theta = f(h_p) \qquad (2.6)$$

Een dergelijk verband noemt men de waterretentiecurve of de vochtkarakteristiek van de bodem. Zoals eerder opgemerkt werkt men in de praktijk in plaats van met onderdrukken h_p liever met zuigspanningen h_p^*, waarbij $h_p^* = -h_p$. De waarde van h_p^* varieert in de praktijk van 0 tot 10^7 cm. Om dit traject gemakkelijk in een grafiek te kunnen uitdrukken werd het begrip pF ingevoerd, gedefinieerd als de logaritme van de zuigspanning in cm waterkolom:

$$pF = {}^{10}\log(h_p^*) \qquad (2.7)$$

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

De vochtkarakteristieken worden meestal bepaald door water te onttrekken aan een initieel nat grondmonster. Wanneer men water toevoegt aan een initieel droog monster, zal het verband $\theta(h_p)$ dikwijls anders zijn. Er treedt hysteresis op.
Bij verzadigde stroming is het totale poriënvolume van de grond beschikbaar voor stroming; in de onverzadigde zone is echter een gedeelte van de poriën gevuld met lucht die niet aan de stroming deelneemt. De doorlaatfactor K is derhalve niet constant, maar afhankelijk van de relatieve waterverzadiging S_w. Per definitie is de relatieve waterverzadiging gelijk aan het quotiënt van het volumetrisch vochtgehalte θ en het poriënvolume n ($S_w = \theta/n$).
Voor een bepaalde grondsoort is de doorlaatfactor K dus afhankelijk van het vochtgehalte θ of (omdat $\theta = f(h_p)$) van de lokale drukhoogte h_p:

$$K = f(S_w) \text{ of } K = f(\theta) \text{ of } K = f(h_p) \qquad (2.8)$$

Voor de hydraulische doorlaatfactor K wordt bij onverzadigde stroming soms de term capillair geleidingsvermogen gebruikt.
Voor praktische toepassingen worden h en S_w in vergelijking (2.4) uitgedrukt in termen van plaatshoogte z, drukhoogte h_p en volumetrisch vochtgehalte θ. Substitueert men $h = z + h_p$ en $nS_w = \theta$, dan wordt vergelijking (2.4):

$$\nabla\{K(\theta)\nabla(z + h_p)\} - Q = \frac{\partial\theta}{\partial t} \qquad (2.9)$$

waarbij: Q = sink term die de wateropname door de wortels voorstelt (m^3 water.m^{-3} grond.d^{-1}). De term Q vormt veelal de belangrijkste oorzaak voor wateronttrekking uit de onverzadigde zone

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

Aangezien de stroming in de onverzadigde zone voornamelijk in verticale richting plaatsvindt (capillaire opstijging of infiltratie), kan men zich in de praktijk beperken tot 1 dimensie:

$$\frac{\partial\theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}\left\{K(\theta)\,\frac{\partial h_p}{\partial z}\right\} + \frac{\partial k(\theta)}{\partial z} - Q \qquad (2.10)$$

In deze één-dimensionale verticale modellen wordt de neerslag ingevoerd als randconditie.
In vergelijking (2.10) heeft men te maken met de twee afhankelijke variabelen θ en h_p. Daarom wordt dikwijls gebruik gemaakt van de betrekking:

$$D = K\,\frac{dh_p}{d\theta} \qquad (m^2.d^{-1}) \qquad (2.11)$$

welke (2.10) verandert in:

$$\frac{\partial\theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}\,D(\theta)\,\frac{\partial\theta}{\partial z} + \frac{\partial K(\theta)}{\partial z} - Q \qquad (2.12)$$

De factor D wordt de 'diffusivity' of vochtvereffeningscoëfficiënt genoemd, omdat de toegepaste transformatie de stroming analoog aan een diffusieproces maakt. Vergelijking (2.12) staat bekend als de θ-vorm van de algemene stromingsverlijking, welke alleen bruikbaar is voor uniforme bodemprofielen.
In vergelijking (2.10) kan de zogenaamde differentiële vochtcapaciteit

$$\Gamma = \frac{d\theta}{dh_p} \qquad (m^{-1}) \qquad (2.13)$$

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

worden ingevoerd, zodat (2.10) overgaat in:

$$\Gamma(h_p)\ \frac{\partial h_p}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}\ K(h_p)\left(\frac{\partial h_p}{\partial z} + 1\right) - Q \qquad (2.14)$$

In de praktijk worden de ralties $\theta(h_p)$, $K(\theta)$, of $K(h_p)$ en $D(\theta)$ dikwijls benaderd door empirische formules. In dat geval zijn voor vergelijkingen (2.12) en (2.14) voor eenvoudige stromingsproblemen analytische oplossingen te vinden. In verreweg de meeste gevallen is men echter aangewezen op numerieke oplossingsmethoden.
Teneinde de partiële differentiaalvergelijkingen die de stroming van het grondwater beschrijven te kunnen oplossen, moeten ze worden voorzien van begin- en andere randvoorwaarden.

2.3. Begin- en randvoorwaarden

Bij niet-stationaire berekeningen moet als beginvoorwaarden, als functie van de z-coördinaat, worden opgegeven de waterpotentiaal h(z), of de waterinhoud $\theta(z)$.
De randvoorwaarden kunnen worden onderscheiden in boven- en onderrandvoorwaarden. Met behulp van de bovenrandvoorwaarde wordt de relatie gelegd met het plant/atmosfeer-systeem. Dit kan door het specificeren van meteorologische gegevens waarmee de potentiële evapotranspiratie kan worden berekend. In dat geval moeten de verdampingskenmerken van het gewas worden opgegeven. Zie ook AD HOC GROEP VERDAMPING(1984).
Met behulp van de onderrandvoorwaarde kan de relatie worden gelegd met de verzadigde zone en het oppervlaktewatersysteem. In zijn meest algemene vorm kan de onderrandvoorwaarde worden geschreven als:

$$q_w = q_d + q_a \qquad (2.15)$$

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

waarin q_w is het specifiek debiet over de onderrand van het 1-dimensionale systeem voor de onverzadigde zone ($m.d^{-1}$), q_d het specifiek debiet naar het het oppervlaktewaterstelsel ($m.d^{-1}$) en q_a het specifieke debiet naar de diepere watervoerend paketten, ook wel aangeduid als kwel of wegzijging ($m.d^{-1}$).
Met de term q_a kan de interactie tussen grond- en oppervlaktewater worden vastgelegd, door deze term uit te drukken als functie van de hoogte van de grondwaterstand en eventueel het open waterpeil, met als parameter een maat voor de weerstand tegen stroming van of naar het oppervlaktewaterstelsel. Bij de schematisatisering zal worden beschreven hoe dit in HYMUST is gerealiseerd.

2.4. Schematisering van het hydrologisch systeem

Om de wateraanvoerbehoefte voor peilbeheer en beregening in een zeker gebied te bepalen moet in principe een 3-dimensionaal niet-stationair model voor grond- en oppervlaktewater worden toegepast. Veelal is dit echter niet haalbaar en bovendien niet noodzakelijk. Daarom is het van groot belang om voor elk specifiek probleem te komen tot een verantwoorde schematisering. In HYMUST is wat betreft de onverzadigde zone aangesloten op de schematisering in MUST en wat betreft de interactie met het oppervlaktewater op de schematisering in HYDRO.

Schematisering van de stroming in de onverzadigde zone

In MUST wordt allereerst het profiel opgedeeld in een wortelzone en een ondergrond. De onderzijde wordt gelegd op een niveau beneden de diepst voorkomende grondwaterstand (fig. 2.1). In de wortelzone vindt geen verticaal transport plaats doch alleen wateropname door de wortels. In de ondergrond vindt alleen verticale stroming van water plaats en wordt het dynamisch proces van stroming van water opgevat als een opeenvolging van stationaire situaties, dat wil zeggen dat de flux over onderkant van het profiel, q_w gelijk is aan de flux over het grensvlak wortelzone-ondergrond, q_{rs}. Vergelijking (2.10) wordt daardoor vereenvoudigd tot:

$$q = -K(\theta) \left\{\frac{dh_p}{\partial z} + 1\right\} \qquad (2.16)$$

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

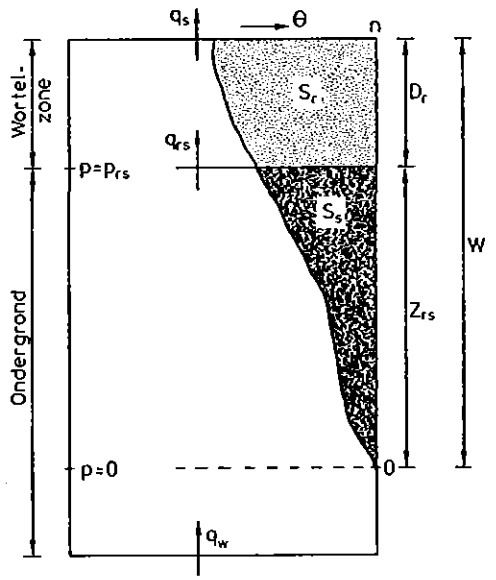


Fig. 1. Schematische voorstelling van het onverzadigde zone systeem (uit: DE LAAT, 1985)

q_s = flux door maaiveld ($cm.d^{-1}$)
q_{rs} = flux door onderkant wortelzone ($cm.d^{-1}$)
q_w = flux door onderkant profiel ($cm.d^{-1}$)
p_{rs} = waterdruk onderkant wortelzone (mbar)
θ = waterinhoud (-)
S_r = verzadigingstekort wortelzone (cm)
S_s = verzadigingstekort ondergrond (cm)
z_{rs} = grondwaterstand (cm - onderkant wortelzone)
D_r = dikte wortelzone (cm)
w = grondwaterstanddiepte (cm-maaiveld)

Voor een aantal analytische uitdrukkingen voor $K(\theta)$ is deze vergelijking oplosbaar. Echter ten behoeve van computermodellen wordt de vergelijking geschreven in eindige differentienotatie als:

$$\Delta z = - \frac{1}{1 + q/K(\theta)} \Delta h_p \qquad (2.17)$$

en numeriek opgelost.

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

In het model MUST wordt gewerkt met de matrische potentiaal, uitgedrukt per eenheid van volume. Hij krijgt daardoor de eenheid ($N.m^{-2}$). Omdat $p/\rho q = h_p$ en ρ = 1000 $kg.m^{-3}$ en g ≈ 10 $m.s^{-2}$, is de waterdruk p uitgedrukt in mbar, ongeveer gelijk aan h_p, uitgedrukt in cm.
In het vervolg zal de matrische potentiaal worden aangeduid met de waterdruk p, die dus negatief is in de onverzadigde zone.
Numerieke oplossing van vergelijking (2.17) levert voor elke waarde van q de relatie tussen z en p, de zogenaamde drukprofielen, z(p,q). In bijlage 11 wordt een voorbeeld gegeven.
Met behulp van de waterretentiecurve $\theta(p)$, is dit profiel om te zetten in een vochtprofiel $z(\theta,q)$. Integratie van poriënvolume in de ondergrond dat niet is gevuld met water levert het verzadigingstekort van de ondergrond, S_s. Bij elke waarde van de diepte van de grondwaterstand beneden onderkant wortelzone, z_{rs}, en fluz q hoort een waarde S_s. Aldus kan een functie(tabel) $S(z_{rs},q)$ worden samengesteld.
Voor de wortelzone kan bij elke waarde van de waterdruk aan de onderkant van de wortelzone, p_{rs}, het verzadigingstekort worden bepaald. resulterend in relatie $S_r(p_{rs})$.
Omdat bij elke waarde van z_{rs} en q de waarde p_{rs} eenduidig is bepaald kan $S_s\ (z_{rs},q)$ ook worden geschreven als $S_s\ (p_{rs},q)$. Het verzadigingstekort van de het gehele profiel kan aldus worden uitgedrukt:

$$S_u\ (p_{rs},q) = S_r\ (p_{rs}) + S_s\ (p_{rs},q) \qquad (2.18)$$

In DE LAAT(1985) wordt de oplossingsmethode behandeld, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen 'upper boundary solution' en 'lower boundary solution'. Eerstgenoemde geldt als de vochtverdeling en de grondwaterspiegel worden bepaald door q_{rs} laatstgenoemde als de situatie optreedt van capillaire opstijging in combinatie met neerwaartse flux door de onderrand.
Het model voor de 'lower boundary solution' houdt geen rekening met stroming van water in het bovenste deel van de onverzadigde zone. In plaats daarvan wordt een correctie op het vochtprofiel berekend door allereerst het verzadigingstekort van het percolatieprofiel, S_s, te bepalen uit de waterbalans (fig. 2.2):

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

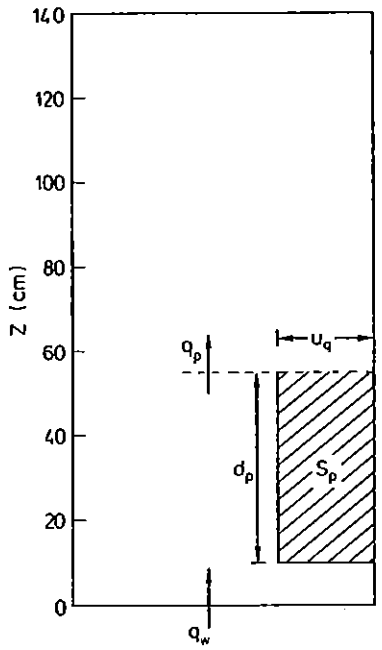


Fig. 2. Schematische voorstelling van het percolatieprofiel (uit DE LAAT, 1985)

q_p = flux door bovenkant percolatieprofiel ($cm.d^{-1}$)

q_w = flux door onderrand ($cm.d^{-1}$)

μ_p = bergingscoëfficiënt (-)

S_p = verzadigingsdeficiet percolatieprofiel (cm)

d_p = grondwaterstand (cm - bovenkant percolatieprofiel)

$$S_p(t+\Delta t) = S_p(t) + \Delta t \left\{q_p(t+\tfrac{1}{2}\Delta t) - q_w(t+\tfrac{1}{2}\Delta t)\right\} \qquad (2.19)$$

en vervolgens de hoogte van dit profiel, d , te berekenen uit:

$$d_p = S_p/\mu_q \qquad (2.20)$$

waarbij de bergingscoëfficiënt, μ_q, wordt berekend als

$$\mu_q = A + B \log (- \tfrac{1}{2}q_p - \tfrac{1}{2}q_w) \qquad (2.21)$$

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

waarin A en B parameters zijn afhangen van de K(θ)-relatie. Zie verder DE LAAT (1985); blz. 10.
Combinatie van beide methoden levert de gevraagde oplossing, inhoudende dat voor elke waarde van de flux over boven- en onderrand gedurende een zeker tijdstap Δt de nieuwe waarden voor het freatisch vlak z_{rs}, het verzadigingstekort S_r en S_s en de waterdruk aan de onderkant wortelzone p_{rs} op tijdsip t+Δt wordt berekend.

De waterretentiecurve kan hysteresis vertonen. Dat wil zeggen de curve voor uitdroging is anders dan voor bevochtiging. In HYMUST kan alleen hysteresis in de wortelzone worden meegenomen door het opgeven van een 'hysteresis factor', gedefinieerd als het aantal log-eenheden waarover de $S_r(p_{rs})$ curve voor uitdroging verschuift om de bevochtigingscurve te verkrijgen. Zie ook DE LAAT (1980); appendix B.

Schematisering van het verdampings- en neerslagproces

Het model MUST biedt meerdere mogelijkheden om de het flux door de bovenrand van het profiel (i.c. de actuele evapotranspiratie en de neerslag) te berekenen. In HYMUST is alleen de volgende optie toepasbaar.
Per tijdstap worden de neerslag en de open water verdamping E_o, berekend volgens Penman, opgegeven (AD HOC GROEP VERDAMPING,1985).
Via een 'gewasfactor' wordt E_o omgezet in de potentiële evapotranspiratie E_p. Per bodemgebruiksvorm is een tabel van decadewaarden van de gewasfactoren gegeven.
De aldus berekende waarden voor E_p wordt de actuele evapotranspiratie berekend volgens:

$$E = \alpha_E * E_p \qquad (2.22)$$

waarin α_E een reductiefactor is afhankelijk van de waterdruk aan de onderkant van de wortelzone (fig. 2.3).

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

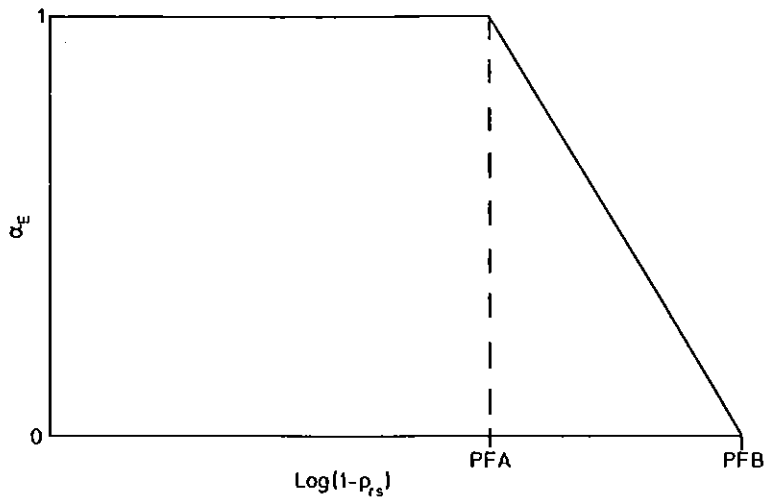


Fig. 2.3. De relatie tussen de reductiefactor, α_E, en de waterdruk aan de onderkant wortelzone, p_{rs} (uit DE LAAT, 1985)

De waarden van PFA en PFB zijn gewasafhankelijk en moeten worden opgegeven. Zie ook WERKGROEP ICW (1988).
Door middel van een kode kan worden gespecificeeerd of een gewas beregend kan worden. De manier van beregenen kan zeer gedetaileerd worden vastgelegd met de volgende parameters:

1. minimum tijdsinterval tussen twee giften (d). Dit tijdsinterval mag kleiner zijn dan de lengte van de tijdstap, die in HYMUST gelijk is aan de decadelengte;
2. maximum grootte van de bruto beregeningsgift (cm). Tijdens de simulatie wordt ook de hoeveelheid water berekend die nodig is om de wortelzone weer op veldcapaciteit te brengen. Indien deze hoeveelheid, die gelijk wordt gesteld aan 1,1 maal het verschil in verzadigingstekort van de wortelzone bij de actuele situatie respectievelijk bij pF = 2,0, kleiner is dan de maximum gift, wordt deze kleinere hoeveelheid gegeven;
3. de kritieke pF-waarde van de waterdruk aan de onderkant wortelzone waar beneden geen beregeningsgift wordt gegeven;
4. de kritieke waarde van het verschil tussen potentiële en actuele evapotranspiratie sinds de laatste gift, die moet zijn overschreden om te beregenen.

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

De waarden van deze parameters voor de verschillende bodemgebruiksvormen in Zuid-Holland staan weergegeven in ICW-nota 1801. Verder wordt aangenomen dat ten gevolge van verliezen, de netto beregeningsgift 10% kleiner is dan de bruto-gift.

Schematisering van de interactie grond- en oppervlaktewater

Van de wederom meerdere mogelijkheden die MUST biedt om de onderrandvoorwaarde te definiëren is in HYMUST gekozen voor de flux-grondwaterspiegel relatie, omdat daarmee de verbinding met de schematisatie in HYDRO kon worden gelegd.
De betreffende passages uit ICW-nota 1801 zijn hier dan ook van toepassing (met enige aanpassing).
In HYMUST wordt q_w berekend per decade en aangeduid als I (infiltratie). Een negatieve waarde van de infiltratie is dus drainage.
Voor de berekeningen van waarden voor I is het pakket opgedeeld in:
- bodemlagen beneden polderpeil;
- bodemlagen boven polderpeil.

In de bodemlagen beneden polderpeil heeft de grondwaterstroming betrekking op infiltratie wanneer de gemiddelde grondwaterstand, $\bar{H}$ zich beneden het polderpeil, P bevindt. Voor de hierbij van belang zijnde infiltratieweerstanden R_i moeten waarden zijn vastgesteld.
Bij drainage vindt het afvoerproces gedeeltelijk in deze lagen plaats. Er wordt vanuit gegaan dat de weerstand bij afvoer, R_d gelijk is aan de weerstand bij infiltratie R_i.
De bodemlagen boven polderpeil zijn alleen van belang bij drainage. Naarmate de grondwaterstand stijgt worden deze lagen in meerdere mate betrokken bij de afvoer. De ondiepe afvoerweerstand R_o is mede afhankelijk van de grondwaterstand. Uitgaande van de formule van Hooghoudt is bij een drainagecriterium - een afvoer van 10 $mm.d^{-1}$ wanneer de grondwaterstand midden tussen de ontwateringsmiddelen het maaiveld raakt - R_o uitgedrukt in R_d.
Indien een drainagesysteem aanwezig is, wordt aangenomen dat deze ligt op een diepte van 120 cm-mv. De hierop betrekking hebbende afvoerweerweerstand is uitgaande van bovengenoemd drainagecriterium eveneens

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

uitgedrukt in R_d. Voor de in het voorgaande omschreven situaties zijn de volgende betrekkingen op te stellen:

- infiltratie, $\bar{H} \geq P$

$$I = 10\ T\ \frac{\bar{H} - P}{\alpha\ R_i} \qquad (2.23)$$

- drainage, $\bar{H} < P$

$$I = I_d + I_o \qquad (2.24)$$

$$I_d = 10\ T\ \frac{\bar{H} - P}{\alpha\ R_i} \qquad (2.25)$$

* sloten: $$I_o = -\ 10\ T\ \frac{(R_i - P)\ (\bar{H} - P)^2}{\alpha^2\ R_i\ P^2} \qquad (2.26)$$

* drains ($\bar{H} < 120$): $$I_o = 10\ T\ \frac{(30\ \alpha - P + \alpha\ R_i)\ (\bar{H} - 120)}{120\ \alpha^2\ R_i} \qquad (2.27)$$

waarbij: I = infiltratie tijdens een decade (mm)
I_d = diepe infiltratie in een decade (mm)
I_o = ondiepe infiltratie in een decade (mm)
$\bar{H}$ = gemiddelde grondwaterstand tijdens een decade (cm-mv)
P = polderpeil (cm-mv)
α = vormfactor in verband met kromming van grondwaterspiegel (is gesteld op 0,8)
R_i = infiltratieweerstand (d)
T = lengte van de decade (d)

De afvoer in bovenstaande vergelijkingen is geformuleerd als een negatieve infiltratie en is opgesplitst in een afvoercomponent I_d voor de diepe bodemlagen en een afvoercomponent I_o voor de ondiepe bodemlagen.

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

Schematisering van verdamping van glastuinbouw

In HYMUST kan ook voor gebieden met glastuinbouw de verdamping worden berekend. De berekening hiervan is overgenomen van het HYDRO-model en gaat als volgt:

$$E_g = f \left(1{,}7 * 10^{-3} * S + 0{,}5\ T\right) \qquad (2.28)$$

waarbij E_g is de verdamping van een tuinbouwgewas onder glas ($mm.dec^{-1}$), f is gewasfactor (seizoensafhankelijk), S is de globale straling boven het glasdek in een decade ($J.cm^{-2}$) en T is de lengte van de decade (d). Voor een voorbeeld van de gewasfactoren, zie ICW-nota 1801.

Schematisering van de stroming van water in krimpgevoelige gronden

Het modelleren van de water van zwellende en krimpende gronden is een moeilijk proces. In HYMUST is dit proces sterk vereenvoudigd door van gronden die als krimpgevoelig worden aangemerkt aan te nemen dat een bepaald percentage van de neerslag direct wordt afgevoerd naar het grondwater. Modelmatig is dit gerealiseerd om deze hoeveelheid op te tellen bij de flux over de onderrand, q_w. Het percentage is seizoens-afhankelijk; zie ICW-nota 1801.

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

3. HET COMPUTERPROGRAMMA HYMUST

3.1. Algemeen

Het computerprogramma HYMUST is ontstaan uit twee andere programma's namelijk HYDRO (WERKGROEP ICW, 1981) en MUST (DE LAAT, 1985). De organisatie en presentatie van gegevens en resultaten is overgenomen uit HYDRO. De berekeningswijze van de wateraanvoerbehoefte voor gebieden met open water en glastuinbouw komt eveneens uit HYDRO. Uit MUST komt de berekeningswijze van de overige gebruikswijzen. Deze gebruikswijzen: Recreatie, Grasland, Bouwland voor aardappelen en granen en bloembollen.
Elk door te rekenen gebied is opgedeeld in vakjes van 25 ha. Hiertoe kan een raster worden gemaakt welke over de kaart van het gebied kan worden gelegd. Aan elk vakje dat op deze manier ontstaat is een x en y coördinaat toegekend. De x-coördinaten lopen van noord naar zuid in oplopende volgorde. De y-coördinaten lopen van west naar oost in oplopende volgorde. Aan elk vakje worden een aantal coderingen toegekend (zie hfdst 3.2). Op deze manier ontstaat een vakkenfile. Alle vakken welke eenzelfde codering hebben vormen een blok. Door middel van een ordeningsprocedure wordt een blokkenfile aangemaakt. Deze blokkenfile dient als invoerfile voor het programma HYMUST. Tevens dient als invoer een file met meteogegevens en een aantal files met bodemfysische gegevens.

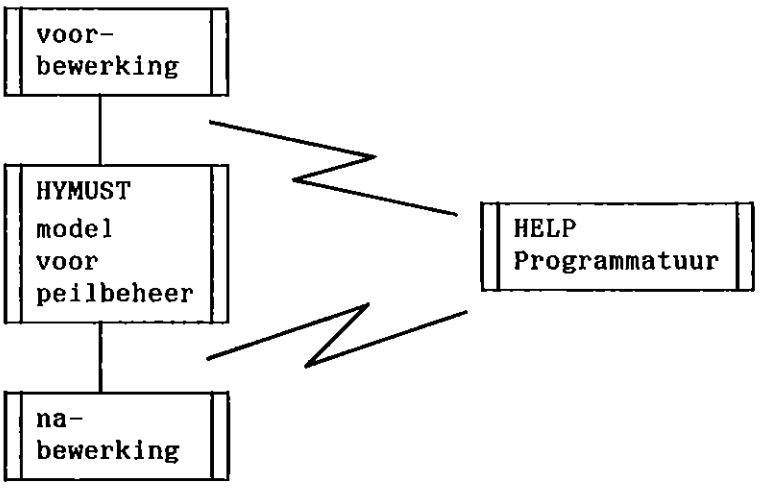


Fig. 3.1. Systeemstroomschema van het model HYMUST

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

Het systeemstroomschema van het systeem voor peilbeheer staat weergegeven in figuur 3.1. Zoals uit de figuur blijkt valt het systeem uiteen in 4 hoofdgroepen. Deze 4 hoofdgroepen zijn de voorbewerking, het eigenlijke model HYMUST voor het berekenen van de wateraanvoerbehoefte voor peilbeheer, de nabewerking en HELP programmatuur. Deze 4 hoofdgroepen worden in hoofdstuk 4 nader toegelicht. Voor het kunnen werken met dit systeem zijn een aantal invoerfiles noodzakelijk. Deze zullen eerst worden beschreven. In hoofstuk 4 wordt een toelichting gegeven hoe met dit systeem kan worden gewerkt.

3.2. Benodigde invoerfiles

3.2.1 Vakkenfile

De gegevens welke in de vakkenfile moeten worden opgeslagen zijn de volgende:

formattering	grootheid	codenaam
1x,i5	- x coördinaat	(X)
i5	- y coördinaat	(Y)
5x,i5	- bodemgebruik	(USE)
i5	- bodemfysische eenheid	(SOIL)
i5	- kwel	(SEEP)
i5	- polderpeil	(LEVEL)
i5	- infiltratieweerstand	(RESIS)
i5	- slootafstand	(DIST)
i5	- peilcorrectie zomer - winter	(C10)
i5	- beregening	(C20)
i5	- zoutcode (voor zoutmodel)	(C30)
i5 +	- deelgebiednummer	(HMP)

totaal 66 posities (= recordlengte van de vakkenfile)

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

De gegevens voor de vakken worden in de vorm van coderingen gegeven. Voor het bodemgebruik ziet deze codering er als volgt uit:

Bodemgebruik	codering
Stedelijk extern	0
Stedelijk intern	1
Droog terrein	2
Recreatie	3
Open water	4
Gras en boom	5
Bouwland graan	6
Bouwland aardappelen	7
Glas en kweek	8
Bloembollen	9

Voor de bodemfysische eenheden wordt verwezen naar DE GRAAFF(1985). Ook hier zijn 10 verschillende coderingen aan te brengen (0 t/m 9). Het getal 77 geeft aan dat een codering niet van toepassing is. Dit is het geval wanneer aan het bodemgebruik de code 0, 1, of 2 is toegekend. Deze vakken worden in de berekening buiten beschouwing gelaten. De waarden van de kwelintensiteit (code's 1 t/m 9), het polderpeil (code's 1 t/m 8) en de infiltratieweerstand (code's 0 t/m 8) kunnen door middel van een keuzeprogramma worden opgegeven. De eenheid van de kwelintensiteit is in mm/dag, van het polderpeil in cm-mv en van de infiltratieweerstand in dagen.
De codering van de slootafstand is voor het programma HYMUST geen inputvariabele doch kan wel in de vakkenfile worden gezet. De code's voor de correctie op het zomerpeil (code's 0 t/m 9) worden in het programma HYMUST met een factor 10 vermenigvuldigd. Het op deze wijze verkregen getal geeft het aantal centimeters weer waarop het zomerpeil wordt gecorrigeerd naar de winterperiode. Het zomerpeil wordt ingesteld op 1 april (decade 10) en eindigt op 30 september (decade 27), behalve indien op dat moment er een grondwaterstand wordt berekend die ondieper is dan 100 cm-mv terwijl het polderpeil dieper dan 100 cm-mv is. Een vak kan wel (code 1) of niet (code 0) worden beregend. Dit wordt tot uiting gebracht in de code voor beregening.

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

De inhoud van de vakkenfile zou er als volgt uit kunnen zien:

X	Y	USE	SOIL	SEEP	LEVEL	RESIS	DIST	C10	C20	C30	HMP
22	54	5	1	2	6	2	1	2	0	0	102
22	55	5	1	2	6	3	2	2	0	0	102
37	41	1	77	77	77	77	77	77	77	77	110
48	50	3	6	6	2	4	1	0	0	0	112
48	52	4	77	8	77	77	77	77	77	77	112
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

3.2.2. Meteofile

Er dient een meteofile aanwezig te zijn met hierop gegevens over de open waterverdamping, neerslag en straling. Deze gegevens dienen op decadebasis te worden ingevoerd. De indeling van de meteofile ziet er als volgt uit:

Jaar-1900		I4	(JR)
Maand		I4	(MND)
Decade in de maand (1,2 of 3)		I4	(DEC)
Eo	mm	F10.1	(Eo)
Neerslag	mm	F10.1	(N)
Straling	$J.cm^{-2}$	F10.0	(H)

De meteofile kan er nu als volgt uit zien:

JR	MND	DEC	Eo	N	H
37	1	1	1.5	38.2	1666
37	1	2	1.9	39.5	1067
37	1	3	2.8	14.8	2067
37	2	1	6.3	36.9	3589
37	2	2	7.7	34.7	2854
37	2	3	9.9	26.6	5548
37	3	1	8.2	14.2	7279
37	3	2	13.6	23.1	7011
37	3	3	15.1	22.4	10107
37	4	1	14.1	15.2	8305
37	4	2	18.0	31.3	10675
37	4	3	17.4	32.7	10358
37	5	1	30.3	5.7	17171
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

3.2.3. Bodemfysische gegevens

Voor verschillende gronden (bouwstenen) kunnen de K(h) en θ(h) relaties worden bepaald. Met behulp van deze bouwstenen kunnen profielen worden samengesteld. Per profiel en per bewortelingsdiepte moet een file worden samengesteld. De bewortelingsdiepte is afhankelijk van het bodemgebruik en deze bewortelingsdiepte is als volgt:

bodemgebruik :	3	5	6	7	9	
bewortelingsdiepte :	25	25	60	40	30	cm-mv.

In bijlage 1, welke is ontleend aan DE GRAAFF (1985), staan schematisch weergegeven de bodemfysische eenheden met de erbij behorende bouwsteennummers. In bijlage 2 staan de K(h) en θ(h) relaties van de verschillende bouwstenen weergegeven. Let wel, dat hier gebruik wordt gemaakt van de θ(h) en de K(h)- relaties in plaats van de θ(p) en K(p)-relatie waarmee HYMUST werkt. Echter de numerieke verschillen zijn gering. Vanaf de bewortelingsdiepte moeten de K(h) en θ(h) relaties worden opgegeven, tezamen met de laagdikte.
Voor de onderste laag behoeft geen laagdikte te worden opgegeven. Voor 13 verschillende drukhoogten aan de onderkant van de wortelzone dient per bouwsteen de K(h) en θ(h) relatie te worden bepaald. Deze 13 drukhoogten zijn (-h): 0, 10, 20, 31, 50, 100, 250, 500, 1000, 2500, 5000, 10 000, en 16 000 cm. Voor de wortelzone moeten de vochtgehaltes bij 13 verschillende drukhoogten worden opgegeven. Deze vochtgehaltes kunnen de gewogen gemiddelden zijn van twee of meer bouwstenen. Als voorbeeld kunnen we aan de hand van bijlagen 1 en 2 een bodemfysische eenheid gaan beschrijven. Voor eenheid 4 met als bodemgebruik bouwland voor granen zijn de bouwsteennummers 15, 16, 17, en 18 van belang. De beschrijving van deze bodemfysische eenheid komt op de file BODFYS64.DAT. Het cijfer 6 in de filenaam geeft het bodemgebruik aan, terwijl het cijfer 4 de bodemfysische eenheid identificeert. De informatie op deze file is de volgende:

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

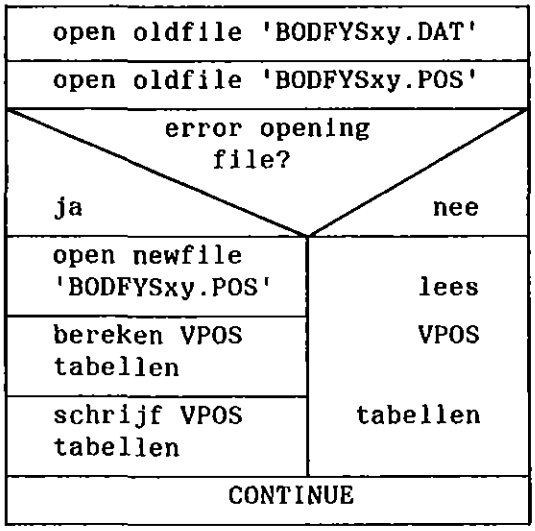
(I4)	1-ste record :	staat altijd een 1
(7X,13F8.0,2I4)	2-de record :	onverzadigde doorlatendheid laag 16 voor 13 drukhoogten.
(7X,13F8.0,2I4)	3-de record :	vochtgehaltes laag 16, laagdikte en een 1 ter indicatie dat de laatste twee records voor een nieuwe laag moeten worden gelezen.
	4-de record :	onverzadigde doorlatendheid laag 17.
	5-de record :	vochtgehaltes laag 17, laagdikte en een 1.
	6-de record :	onverzadigde doorlatendheid laag 18.
	7-de record :	vochtgehaltes laag 18.
(I4)	8-ste record :	9999 ter indicatie dat de input voor de lagen beneden de wortelzone compleet is.
(7X,13F8.0)	9-de record :	gewogen gemiddelde van de vochtgehaltes van de bouwstenen 15 en 16 (1/3*θ(h15)+2/3*θ(h16))
(7X,F8.0)	10-de record :	9999 ter indicatie dat de input compleet is voor de wortelzone.

De file BODFYS64.DAT ziet er nu als volgt uit:

```
  1
 16   250   0.5  0.36  0.23  0.13 8.0E-2 1.6E-2 5.5E-3 1.5E-3 2.5E-4 1.0E-4 2.5E-5 2.0E-5
     0.458 0.441 0.430 0.425 0.418  0.402  0.345  0.300  0.262  0.235  0.218  0.200  0.190  5  1
 17   160   4.2   1.4   0.7  0.35 1.2E-1 2.9E-2 9.0E-3 3.1E-3 8.0E-4 2.6E-4 9.0E-5 4.2E-5
     0.400 0.360 0.348 0.335 0.320  0.290  0.252  0.230  0.210  0.185  0.166  0.148  0.135 25  1
 18 17.58  2.57  2.15  1.66  1.53   1.23 8.7E-3 5.0E-4 8.7E-5 1.6E-5 3.3E-6 1.0E-6 1.0E-7
     0.349 0.227 0.220 0.211 0.201  0.152  0.072  0.041  0.028  0.026  0.024  0.021  0.020
9999
     0.459 0.419 0.409 0.403 0.397  0.383  0.341  0.302  0.245  0.210  0.192  0.174  0.164
     9999
```

Het programma HYMUST berekent aan de hand van bovenstaande gegevens de curves voor het verzadigingstekort bij combinaties van capilaire fluxen en grondwaterspiegels. Dit worden de VPOS tabellen genoemd. Zijn deze curves eenmaal berekend, dan worden deze opgeslagen op file zodat bij een volgende run van het programma deze tabellen niet opnieuw behoeven te worden berekend. De naam van de file is dezelfde als die waarop de bodemfysische gegevens staan, doch de extensie is .POS in plaats van .DAT. Schematisch weergegeven ziet het er als volgt uit:

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR



x= code bodemgebruik
y= code bodemtype

Fig. 3.2. Schematische weergave van de filebehandeling van VPOS tabellen

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

4. HET WERKEN MET HET MODEL VOOR PEILBEHEER

Uit figuur 3.1 blijkt dat het systeem in 4 hoofdgroepen uiteen valt. Deze hoofdgroepen zijn achtereenvolgens de voorbewerking, het model HYMUST voor peilbeheer, de nabewerking en de HELP-programmatuur. Deze 4 hoofdgroepen zullen worden toegelicht, mede aan de hand van enkele voorbeelden.

4.1. De voorbewerking

In figuur 4.1 is de voorbewerking schematisch weergegeven. Zoals reeds eerder is gememoreerd vormen vakken welke eenzelfde codering hebben voor achtereenvolgens bodemgebruik, bodemtype, kwel, polderpeil, infiltratieweerstand, de wintercorrectie op het zomerpeil en de beregening tezamen 1 uniek blok. Op deze wijze kan vanuit de vakkenfile een blokkenfile worden gemaakt. De blokkenfile dient als input voor HYMUST. Met behulp van het programma PREORDER kan de blokkenfile worden gemaakt. Dit programma vraagt interactief een aantal parameters. De eigenlijke ordening en samenstelling van de blokkenfile geschiedt in de batch-queue. De op te geven parameters zijn:
- Op hoeveel variabelen moet er worden gesorteerd.
- In welke kolomnummers van de vakkenfile staan die parameters.

Hier worden de kolomnummers opgegeven van achtereenvolgens bodemgebruik, bodemtype, kwel, polderpeil, infiltratieweerstand, correctiefactor voor winterpeil, en de beregening. Tevens dient men op te geven welke files er moeten worden samengesteld. Men heeft de keus uit de navolgende informatie:
- uitgebreide vakkenfile (VAK.DAT); geeft uitgebreide informatie over de vakken;
- blokken file (HYBLOK.DAT); blokkenfile welke als input dient voor het programma HYMUST;
- uitgebreide blokkenfile (BLOK.DAT); geeft uitgebreide informatie over de blokken;
- nieuwe vakkenfile (NEWRAW.DAT); nieuwe gesorteerde vakkenfile met eventueel de bloknummers eraan toegevoegd;
- file met overzicht van het aantal vakken per blok per deelgebied (AREAS.DAT).

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

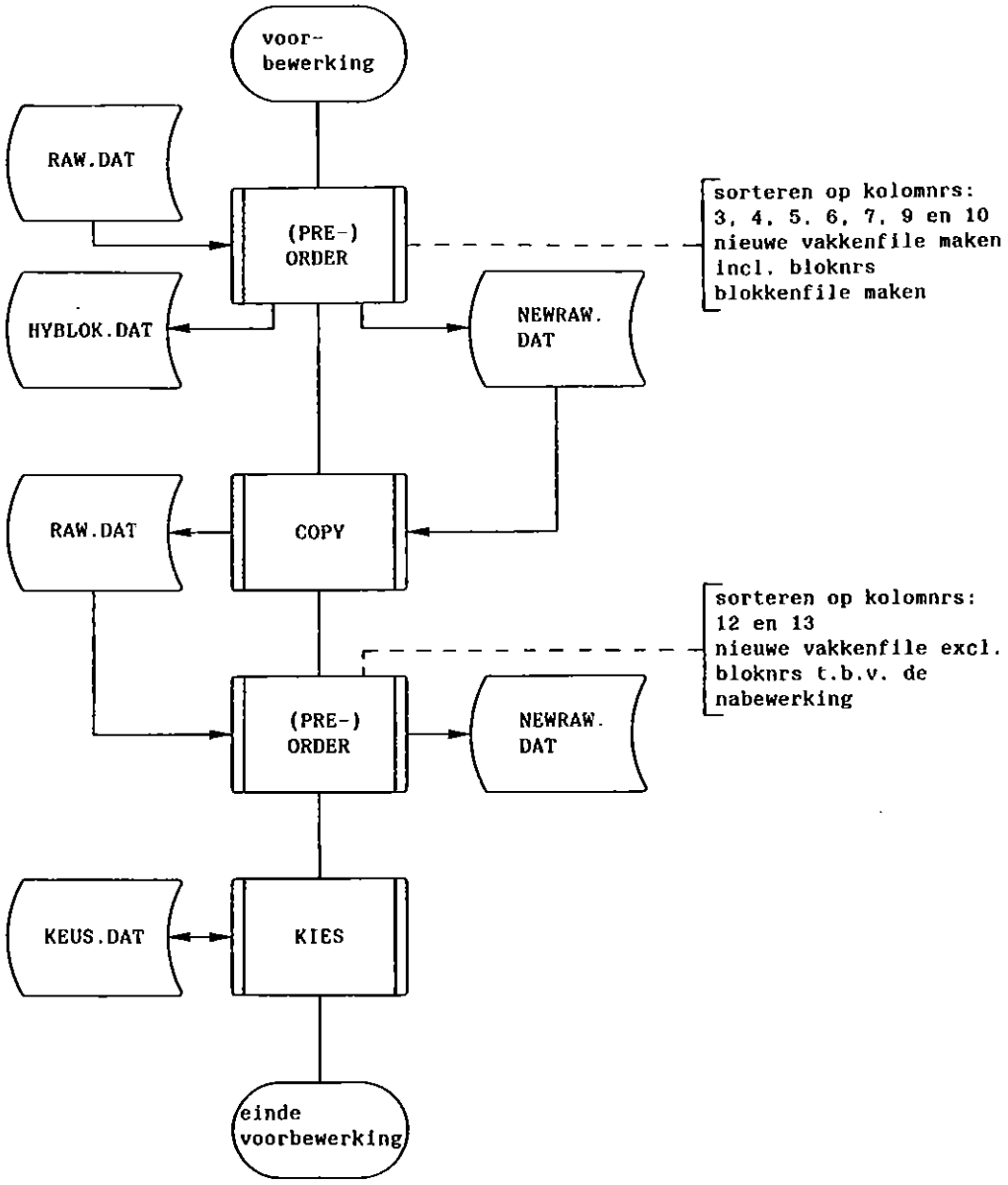


Fig. 4.1. Systeemstroomschema van de hoofdgroep voorbewerking

Het programma PREORDER maakt gebruik van een beeldschermformulier welke moet worden ingevuld (zie bijlage 3) en van een commandofile (ORDER.BAT) waarvan de inhoud er als volgt dient uit te zien:

```
$ RUN SORTEER
$ DELETE/NOCONFIRM SORTEER.PAR.*,RAW.SOR.*
$ EXIT
```

De vakkenfile moet de naam RAW.DAT hebben. Het sorteren kan worden gestart met het commando:

```
$ RUN PREORDER
```

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

Het aantal te sorteren variabelen is 7 en deze staan in de kolommen 3, 4, 5, 6, 7, 9, en 10 van de vakkenfile. Tevens moet gekozen worden voor het aanmaken van de input blokfile (HYBLOK.DAT) en het aanmaken van een nieuwe vakkenfile (NEWRAW.DAT) inclusief bloknummers. Na het invullen van het beeldschermformulier wordt de commandofile ORDER.BAT automatisch in de batchqueue gezet. Een gedeelte van de blokkenfile is hieronder weergegeven.

X	Y	USE	SOIL	SEEP	LEVEL	RESIS	DIST	C10	C20	C30	HMP	BLOK
25	57	1	77	77	77	77	77	77	77	6	203	1
30	47	2	77	77	77	77	77	77	77	3	201	5
30	51	3	1	1	3	4	5	0	0	3	204	6
40	50	3	1	1	4	4	5	0	0	4	205	7
29	53	3	1	1	5	4	5	0	0	5	204	8
51	65	3	1	1	6	1	4	0	0	6	214	9
50	64	3	1	1	6	3	4	0	0	4	214	10
43	51	3	1	1	6	4	5	0	0	0	205	11
49	63	3	1	1	7	1	4	0	0	4	213	12
42	51	3	1	1	8	6	5	0	0	4	205	13
30	50	3	1	7	5	4	5	0	0	2	201	14
30	49	3	1	7	7	4	5	0	0	3	201	15
29	64	3	2	1	5	6	5	0	0	3	207	16
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

De file NEWRAW.DAT waarop de bloknummers bijgeschreven zijn (kolomnummer 13) moet opnieuw worden gesorteerd ten behoeve van de nabewerking. Wanneer men de wateraanvoerbehoefte op gebiedsniveau wil hebben, dan moet de nieuwe vakkenfile worden gecopieerd naar de file RAW.DAT. De ordeningsprocedure kan nu worden herhaald. Het aantal te sorteren variabelen is nu 2. De te sorteren kolommen zijn 12 (HMP) en 13 (BLOK). Er hoeft nu alleen een nieuwe vakkenfile te worden aangemaakt (NEWRAW.DAT).

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

Vervolgens moet met behulp van het interactieve programma KIES een keuzefile worden aangemaakt (KEUS.DAT). Er moet dan worden bepaald welke jaren en welke blokken HYMUST moet doorrekenen. Bovendien kan men aangeven welke informatie HYMUST moet geven en met welke coderingen en voorwaarden rekening dient te worden gehouden. De coderingen voor kwel, polderpeil en infiltratieweerstand kunnen dan worden opgegeven. De voorwaarden waaronder kan worden gerekend zijn:

- wel of geen infiltratie;
- alleen winterpeil of zomer- en winterpeil;
- wel of geen scheurvorming. Bij scheurvorming dient men ook nog de coderingen op te geven van de bodemtype's waarbij scheurvorming kan optreden.

Het programma werkt interaktief en wel als volgt:

```
$ RUN KIES
```

De volgende conversatie wordt nu op gang gebracht (De door de gebruiker in te tikken informatie is onderstreept):

```
Voor welke jaren wilt u de berekening uitgevoerd hebben?
Geef nu voor maximaal 8 periode's beginjaar en eindjaar op:
 ____ **** ____ **** ____ **** ...
 1960 1986 /
Wilt u J/N nog meer periode's in de berekening opnemen? N
Voor welke blokken wilt u de berekening uitgevoerd hebben?
Geef nu voor maximaal 8 series blokken beginblok en eindblok op:
 ____ **** ____ **** ____ **** ...
___ 1   21 /
Wilt u J/N nog meer series in de berekening opnemen? N
Wilt u J/N file "W I N T E R" uitgeprint hebben? J
Wilt u J/N file "D E C A D E" uitgeprint hebben? J
Wilt u J/N file "H Y M A N I" uitgeprint hebben? J
```

Nadat deze vragen zijn beantwoord verschijnt op het beeldscherm een invulformulier. Hierin moeten de waarden van de kwel, het polderpeil en de infiltratieweerstand worden aangepast. Tevens moet in het formulier worden ingevuld of er sprake is van infiltratie, peilcorrectie

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

en/of scheurvorming. Indien er sprake is van scheurvorming dan moet er ook nog worden opgegeven bij welke bodemtype's scheurvorming optreedt. Het formulier ziet er als volgt uit:

CODERINGSTABEL

CODE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SEEP		0.25	0.50	1.00	1.50	2.00	3.50	-0.25	-0.75	-1.50
LEVEL		20	40	70	100	130	160	190	220	
RESIS	100	150	250	350	500	700	100	1600	2500	

(J indien gewenst)

INFILTRATIE : J
PEILCORRECTIE: J (GEEN PEILCORRECTIE, DAN WORDT WINTERPEIL GENOMEN)
SCHEURVORMING: J ----> ZO JA, DAN ALLEEN VOOR DE BODEMTYPE'S :

BODEMTYPE : 7 _ _ _ _ _ _ _ _ _

SEEP IN MM/DAG
LEVEL IN CM-MV
RESIS IN DAGEN

Het formulier is na afbeelding op het beeldscherm reeds ingevuld, zodat alleen die coderingen welke moeten worden gewijzigd behoeven te worden ingevuld. Hiertoe kan men gebruik maken van de navolgende functietoetsen:

DELETE - verwijder character
LINE FEED - maak veld schoon
TAB - spring naar volgend veld
BACKSPACE - spring naar vorig veld
RETURN - sluit het formulier af

Na afloop van programma KIES is er een keuzefile aangemaakt (KEUS.DAT) met de volgende inhoud:

```
9999
1960 1986
   1   21
9999
   1
   1
   1
      0.25 0.50 1.00 1.50 2.00 3.50 -0.25 -0.75 -1.50
        20   40   70  100  130  160   190   220
  100  150  250  350  500  700  100  1600  2500
JJJ7
```

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

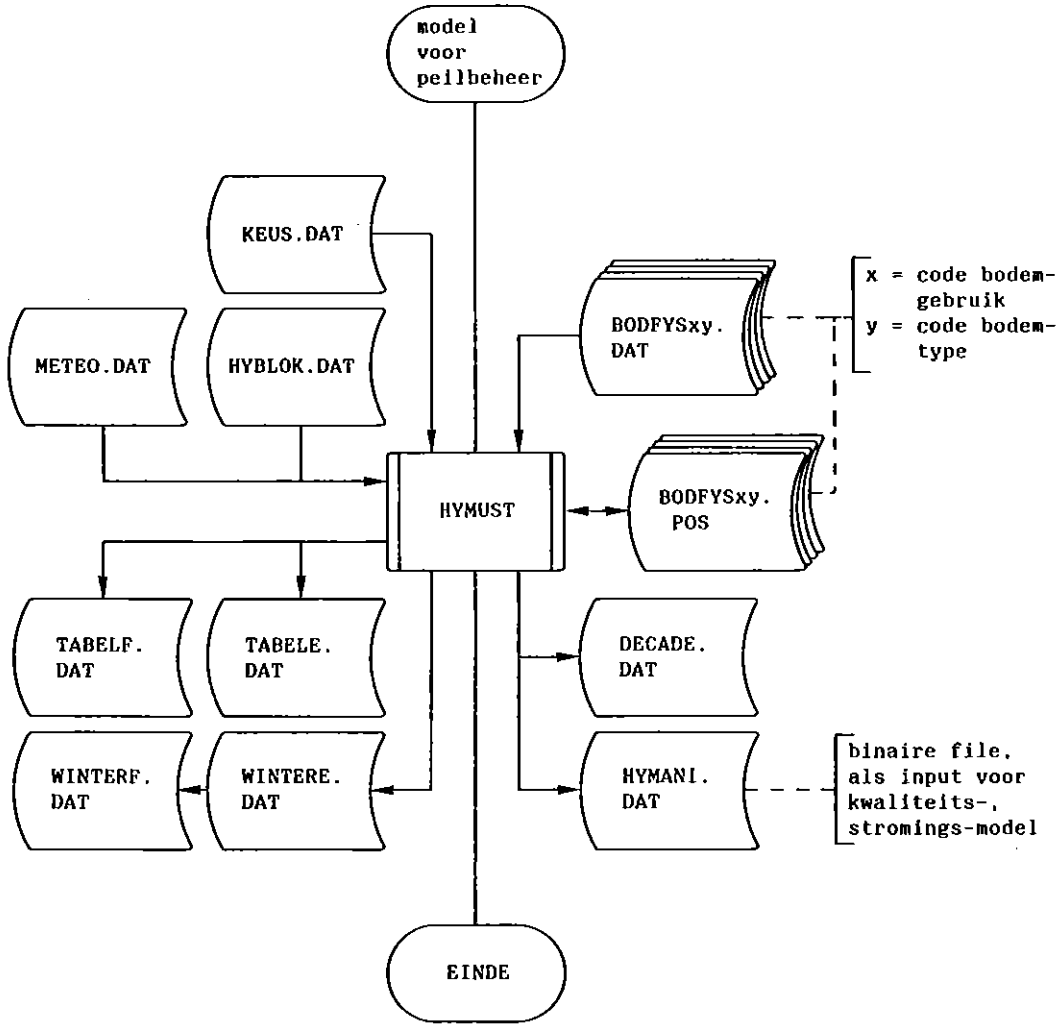


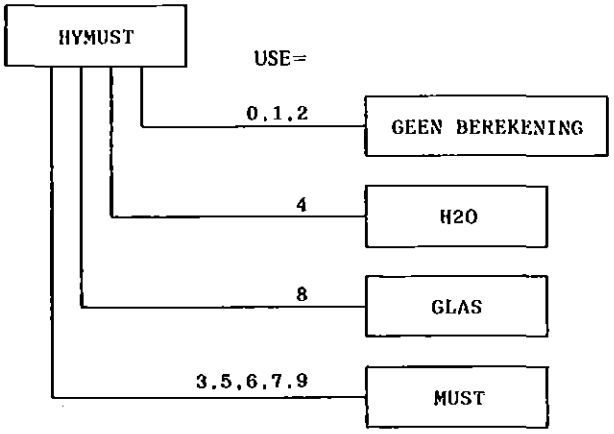
Fig. 4.2. Systeemstroomschema van het eigenlijke model HYMUST

4.2. Het draaien van HYMUST

In figuur 4.2 staat de werking van HYMUST schematisch weergegeven. De informatie welke HYMUST kan leveren zijn tabellen over de wateraanvoerbehoefte op blokniveau, in E- en F-formaat, voor zowel winter- als zomerperiode, decadeoverzichten met een waterbalans voor de zomerperiode en gegevens voor het kwaliteits- en stromings-model in binair formaat. De tabellen in E- formaat dienen om de nauwkeurigheid zo groot mogelijk te houden, terwijl de tabellen in F-formaat de leesbaarheid vergroten voor de gebruiker. Een tabel in F-formaat en een decadeoverzicht zijn opgenomen in de bijlagen 4 en 5.

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

Afhankelijk van het bodemgebruik rekent HYMUST een bepaalde routine door namelijk H2O, GLAS of MUST. Routine MUST bestaat uit een groot aantal andere routine's. In figuur 4.3 is schematisch de volgorde van doorrekenen weergegeven.



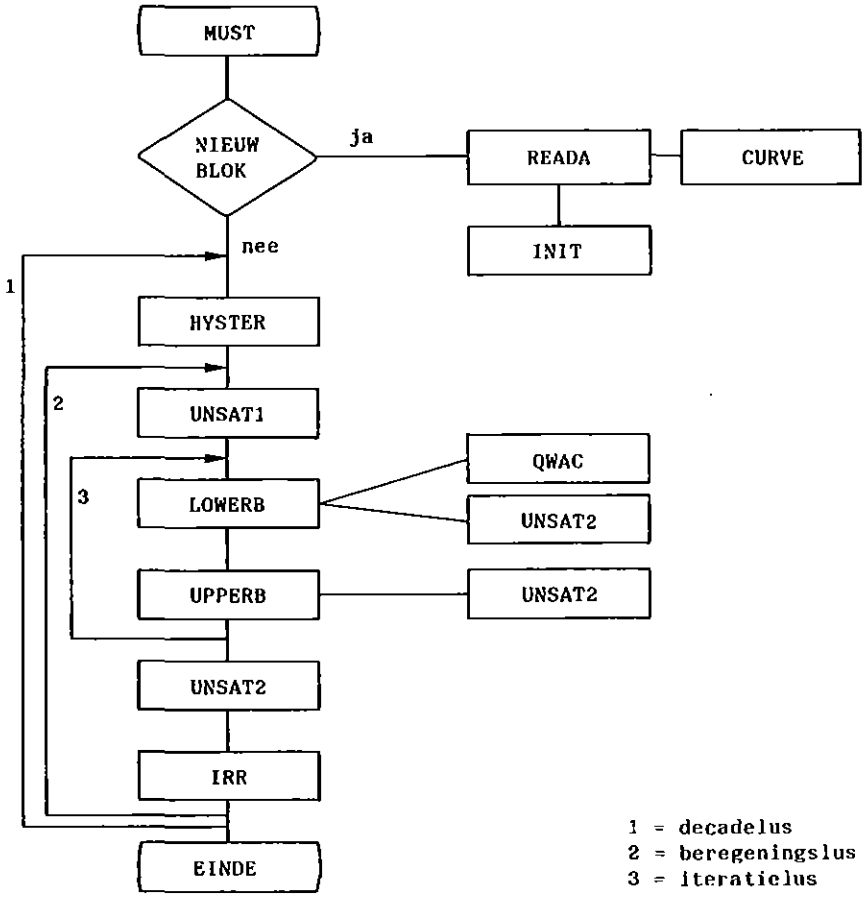


Fig. 4.3. Subroutines van HYMUST in de volgorde waarin die worden opgeroepen en doorgerekend

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

In bijlage 12 staat summier beschreven wat deze routines doen. Het verdient de voorkeur HYMUST in de batchqueue te laten draaien, omdat het een vrij rekenintensief programma is.

4.3. De nabewerking

In figuur 4.4 staat de nabewerking schematisch weergegeven. Programma SOMBLOK sommeert de berekende wateraanvoerbehoefte. Er kan op verschillende variabelen worden gesommeerd (bijv. sommatietabellen per bodemgebruik, of per bodemtype of per deelgebied enz., of een combinatie van variabelen). De input bestaat uit de files TABELE.DAT en NEWRAW.DAT. De file TABELE.DAT is door het programma HYMUST aangemaakt. De file NEWRAW.DAT is de vakkenfile inclusief de bloknummers en, indien er sommatietabellen moeten worden gemaakt op gebiedsniveau, gesorteerd op deelgebied en bloknummer. De gebruiker dient eventueel enige variabelen aan te passen. Deze aan te passen variabelen staan in de data statements van het fortran programma. Het aantal periode's welke met HYMUST is doorgerekend moet worden opgegeven met tevens voor elke periode het begin- en eindjaar (maximaal 10 periode's).

```
C
C-----INPUT
C
C          NPER.LE.10
C
      DATA NPER/1/                    ! aantal periode's
      DATA BJAAR/1937,9*0/            ! beginjaren
      DATA EJAAR/1986,9*0/            ! eindjaren
```

Vervolgens moet worden opgegeven welke sommatietabellen moeten worden gemaakt en hoeveel variabelen hierbij een rol spelen.

```
C
C          HOEVEEL.LE.5 (WELKE: 12=HMP, 3=USE)
C
      DATA HOEVEEL/  1        /
      DATA WELKE  /12, 12*0/    ! sommatie per deelgebied
```

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

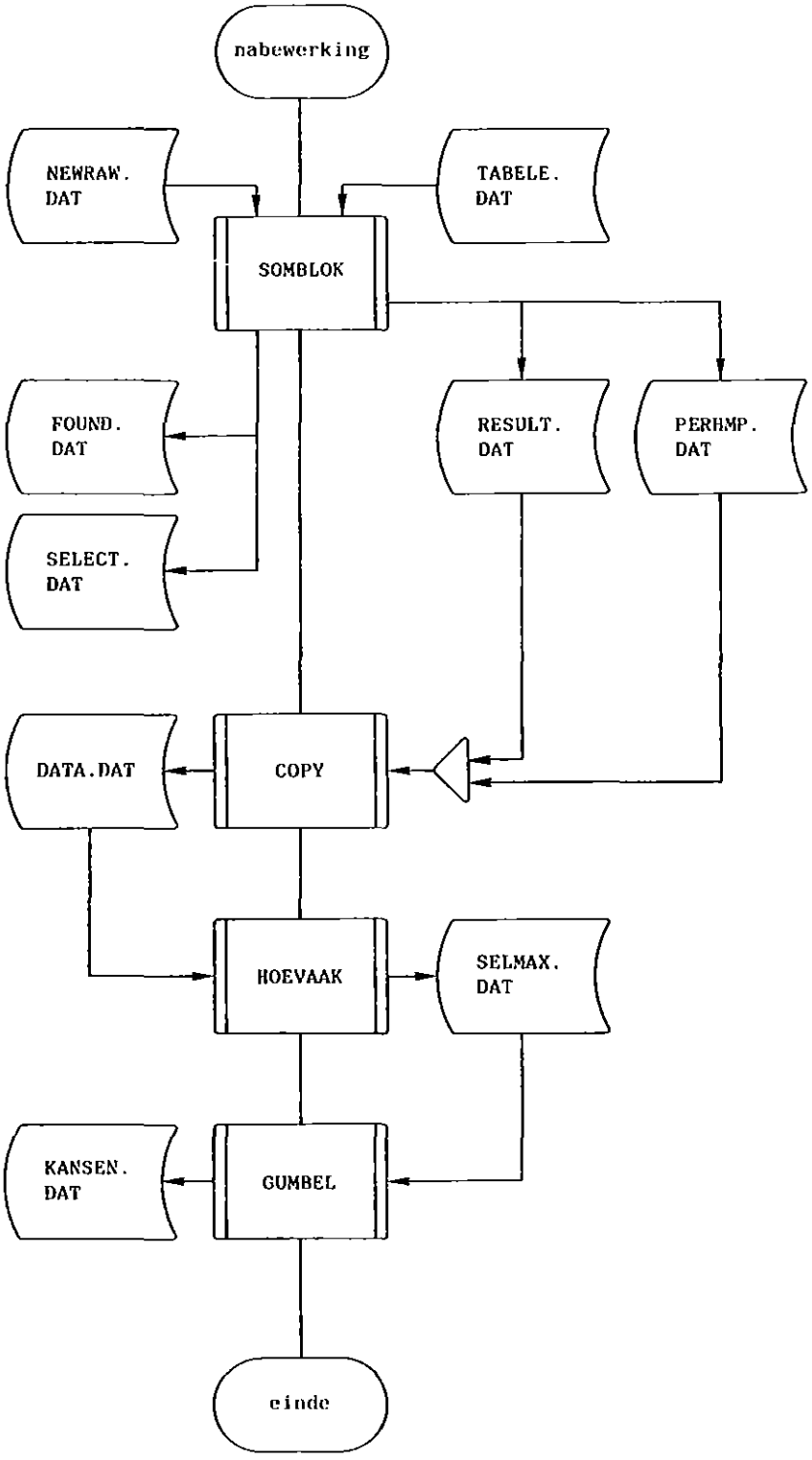


Fig. 4.4. Systeemstroomschema van de hoofdgroep nabewerking

Er kunnen ook voor bepaalde code's van een variabele sommatietabellen worden gemaakt. Dan moeten de betreffende code's worden opgegeven. Doen alle code's mee, dan moet de code 99 worden opgegeven.

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR


```
C
C     99 IN EERSTE KOLOM  BETEKENT SELECTEER OP ALLE CODES PER VARIABELE
C     1,3,6 = SELECTEER ALLEEN OP CODE 1,3,6 VOOR DIE VARIABELE, ENZ.
C             ===+++---EN-BEHANDEL-ZE-APART---+++===
C
      DATA ((CODES(I,J),J=1,10),I=1,5)
     *                              / 99, 99,   8*99,
     *                                99, 99,   8*99,
     *                                99, 99,   8*99,
     *                                99,99,99,99,99,5*99,
     *                                99,99,99,99,99,5*99/
```

De outputfiles welke worden gemaakt zijn de volgende:
- FOUND.DAT overzicht van alle geselecteerde vakken per deelgebied.
- SELECT.DAT overzicht van alle geselecteerde vakken voor SOMBLOK.
- RESULT.DAT totalen per deelgebied, tevens input voor programma HOEVAAK.
- PERHMP.DAT totalen per waterschap en gebiedstotaal.

De inhoud van de file PERHMP.DAT staat in bijlage 6 weergegeven.

Programma HOEVAAK selecteert per jaar het decademaximum van de water-aanvoerbehoefte. De geselecteerde waarden worden verzameld op de file SELMAX.DAT, welke als input dient voor het programma GUMBEL. De input wordt gelezen vanaf de file DATA.DAT. Deze file kan worden gecopieerd vanaf de file PERHMP.DAT of RESULT.DAT, afhankelijk van de tabel welke moet worden verwerkt. Het programma vraagt een opschriftregel in te tikken. Ook moeten de grenzen van de decade's worden opgegeven waarbinnen het decademaximum moet worden gezocht. Hierbij dient men er rekening mee te houden dat alleen het zomerhalfjaar in de tabellen staat en dat de decaden ervan worden genummerd van 1 tot en met 18. Dus decade 1 komt overeen met de periode 1 - 10 april en decade 18 met de periode 21 - 30 september. Elke tabel heeft een eigen volgnummer (zie bijlage 6). De volgnummers van de te verwerken tabellen moeten worden opgegeven, evenals het jaar dat als laatste in de tabel voorkomt.

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR


```
$ COPY PERHMP.DAT DATA.DAT
$ RUN HOEVAAK
SCHRIJF NAAM VAN DE SERIE VOOR OUTPUT HEADING
===== BEGIN MET 2 SPATIES =====

Frequentie analyse maximale wateraanvoerbehoefte Hoekse Waard.

MAXIMUM MOET GEZOCHT WORDEN VAN DECADE XX TOT XX
BIJV.  1 TOT 18

1 18

WAT IS HET LAATSTE TE KIEZEN JAAR (VOLLEDIG)
DAT IN DE GEGEVENS (OUTPUT VAN SOMBLOK) VOORKOMT = 1986

WELKE TABELLEN (VOLGNUMMERS OPGEVEN) MOETEN WORDEN BEWERKT
GEEF VOOR MAXIMAAL 5 SERIES BEGIN EN EIND NUMMER
       --- *** --- *** --- *** --- *** --- ***
        31  31/

MOET J/N ALLEEN SELMAXFILE WORDEN GEMAAKT = J

$
```

Bovenstaand voorbeeld geeft de werking van programma HOEVAAK weer. De output van dit programma staat weergegeven in bijlage 7.

Programma GUMBEL berekent de parameters van de verdeling van extreme waarden (1981, ICW nota 1249 pag, 124 t/m 137), zowel voor de twee- als drie-parameter methode. De verdeling kan op speciaal ingericht waarschijnlijkheidspapier worden uitgezet. Op dit papier manifesteert de twee-parameter methode zich als een rechte lijn en de drie-parameter methode als een kromme (1987, ICW nota 1801). De inputfile is de file SELMAX.DAT welke is gemaakt met programma HOEVAAK. De output wordt op de file KANSEN.DAT gezet. De inhoud van deze file staat weergegeven in bijlage 8. De grafische weergave van de output staat weergegeven in bijlage 9.

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

4.4. HELP programmatuur

De HELP programmatuur staat schematisch weergegeven in figuur 4.5. Een drietal programma's vormen tezamen de HELP programmatuur. Deze drie programma's zullen achtereenvolgens worden besproken.

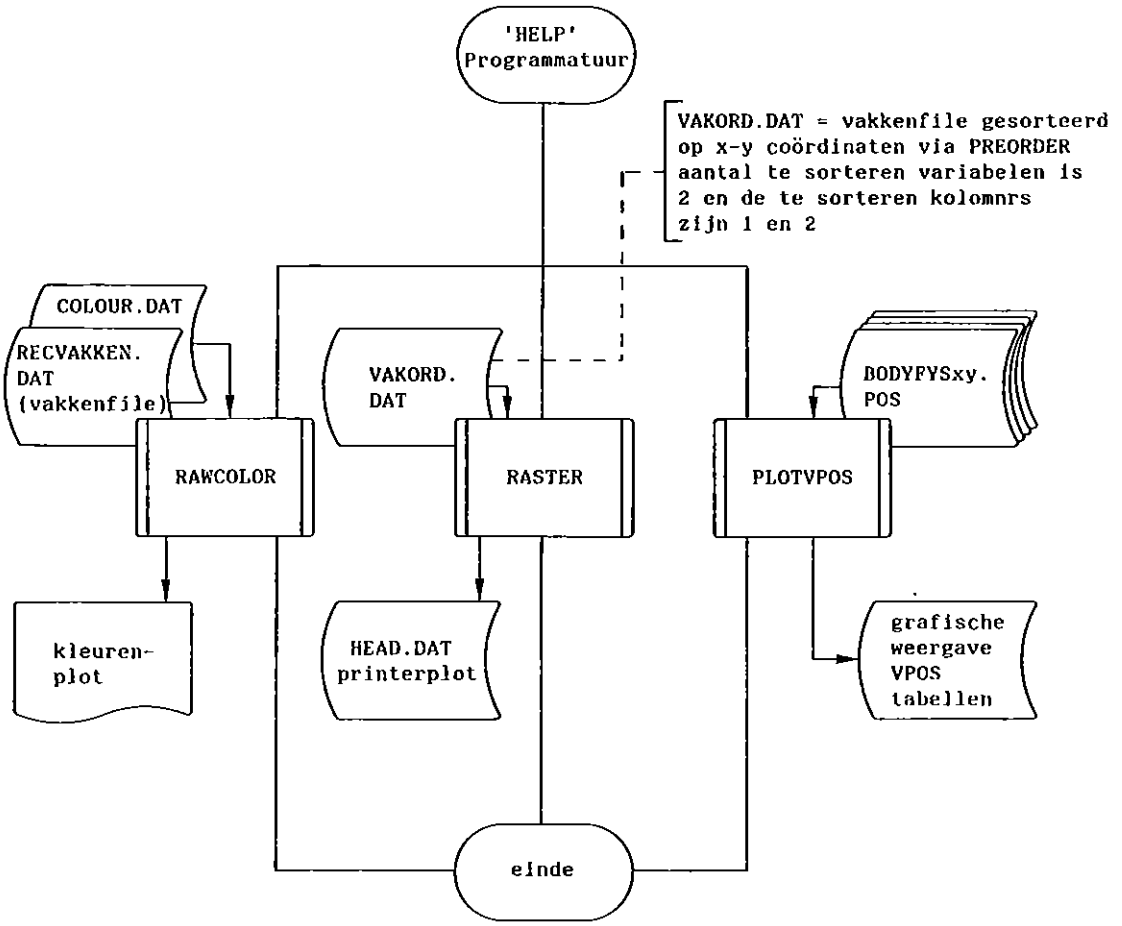


Fig. 4.5. Systeemstroomschema van de hoofdgroep 'HELP' programmatuur

Programma RASTER maakt een plot van het studiegebied op een printer. De gecodeerde grootheden zoals bodemgebruik, bodemtype, enzovoorts kunnen in beeld worden gebracht. Het programma is geschreven voor een LA120 printer welke direct aan een terminal is gekoppeld. De input voor dit programma is een op coordinaten gesorteerde vakkenfile. De output komt op de file HEAD.DAT te staan (zie bijlage 10).

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

Programma RAWCOLOUR maakt evenals RASTER een plot van het studiegebied, doch nu in kleur en op een kleurenplotter. De tektronix wordt als terminal gebruikt. Voordat er een kleurenplot kan worden gemaakt moeten eerst de kleuren in het geheugen van de tektronix worden gezet. Dit kan met behulp van het programma PAT. Dit programma tekent de dan beschikbare kleuren met de bijbehorende kleurnummers op het scherm. Vervolgens kunnen de verschillende kleurkaartjes worden gemaakt. De inputfiles zijn: COLOUR.DAT, waarop de te gebruiken kleurnummers staan, en RECVAKKEN.DAT welke de vakkenfile van het gebied is.

Programma PLOTVPOS maakt een plot van de VPOS tabellen. De hoogte boven de grondwaterspiegel in cm wordt uitgezet tegen de vochtspanning aan de onderkant van de wortelzone (log(h)) bij verschillende kwelintensiteiten. Deze kwelintensiteiten zijn: 0, 0.01, 0.04, 0.10, 0.30, en 1.00 cm/dag. In bijlage 11 staat de plot weergegeven van bodemgebruik 5 en bodemtype 6. De inputfile is BODFYSxy.DAT. xy moet worden opgegeven en is een combinatie van bodemgebruik (x) en bodemtype (y). De outputfile kan door de gebruiker worden benoemd.

4.5. Een getallenvoorbeeld

Om met name de werking van het MUST-gedeelte in HYMUST duidelijk te maken zal een getallenvoorbeeld worden gegeven voor decade 20 in het droge jaar 1976, voor een blok waarin beregening mogelijk is. Zie ook het stroomschema in figuur 4.3. Hierbij is gebruik gemaakt van de debugger, waarmee het mogelijk is tijdens het draaien van een programma de inhoud van variabelen te bekijken.

a. De beginwaarden van diverse variabelen zijn:

- verzadigingstekort wortelzone, SR : 5.77 cm
- verzadigingstekort ondergrond, SU : 26.28 cm
- verzadigingstekort percolatieprofiel, SP : 0.00 cm
- grondwaterstand, W :161.53 cm-mv
- open waterpeil, FLEVEL :130.00 cm-mv
- flux door onderrand, QW : 0.07 $cm.d^{-1}$

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

b. Meteorologische gegevens tijdens decade:
   - Potentiële evapotranspiratie, ETIP : 0.352 cm.d^{-1}
   - neerslag, RAIN : 0.055 cm.d^{-1}

c. In subroutine HYSTER wordt een correctie op de SR-relatie berekend van 0.61 cm.

d. In subroutine UNSAT1 wordt de flux over de bovenkant van het percolatieprofiel op 0.0 cm.d^{-1} berekend.

e. Vervolgens wordt lus 3 in figuur 4.3 een groot aantal keren doorlopen om de gecombineerde oplossing te vinden.

f. Nadat subroutine UNSAT2 nog eenmaal is doorlopen zijn de volgende waarden berekend:
   - SR : 6.72 cm
   - SU : 28.00 cm
   - SP : 0.0 cm
   - W : 160.85 cm-mv
   - actuele evapotranspiratie, EACT : 0.29 cm.d^{-1}
   - pF onderkant wortelzone, PFN : 2.68
   - flux door onderrand, QW : 0.07 cm.d^{-1}

g. Vervolgens wordt in subroutine IRR geconstateerd dat de pF-waarde beregening toelaat. Echter de bruto gift van 30 mm zou meer zijn dan nodig is en dus bedraagt de netto beregeningsgift, GIRR, 22.4 mm ofwel 0.224 cm.d^{-1}. Deze wordt bij RAIN opgeteld en wordt lus 2 opnieuw doorlopen.

h. Nadat lus 3 is doorlopen en ook subroutine UNSAT2 nog eenmaal, dan bedragen de waarden van de variabelen:
   - SR : 5.79 cm
   - SU : 26.29 cm
   - SP : 0.0 cm
   - W : 161.47 cm-mv
   - EACT : 0.352 cm.d^{-1}
   - QW : 0.071 cm.d^{-1}
   - PFN : 2.28
   - flux over grensvlak wortelzone-ondergrond, QRSN: 0.07 cm.d^{-1}

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

i. De flux door de onderrand, QW, wordt berekend in subroutine QWAC volgens vergelijking 2.21 (infiltratie) met daarbij opgeteld de kwel.

$$Q_w = \frac{\bar{H} - P}{0,8 * R_i} + \text{kwel} = \frac{161,47 - 130}{0,8 * 700} + 0,015 = 0,071 \text{ cm.d}^{-1}$$

j. De aanvoerbehoefte (X) in deze decade voor dit blok, gebaseerd op 1000 ha en uitgedrukt in $m^3.s^{-1}$, wordt als volgt berekend:

X = [infiltratie + bruto beregening] * oppervl/864

$$= \left[\frac{\bar{H} - P}{0,8 * R_i} + \text{netto beregeningsgift} * 1,1\right] * 1000/864$$

$$= [0,056 + 0,224 * 1,1] * 1000/864$$

$$= 0,35 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$$

k. De waterbalansen voor deze decade zijn te schrijven als:

- wortelzone

$$\Delta SR = [QRSN + RAIN + GIRR - EACT] * \Delta t$$

$$= [0,07 + 0,055 + 0,0224 - 0,352] * 10$$

$$= - 0,03 \text{ cm}$$

ΔSR is ook: 5,77 - 5,79 = - 0,02 cm

- ondergrond

$$\Delta SS = [- QRSN + QW] * \Delta t$$

$$= [- 0,07 + 0,07] * 10$$

$$= 0,00 \text{ cm}$$

ΔSS is ook (26,28 - 5,77) - (26,29 - 4,79) = 0,01 cm

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

Door de gebruikte afronding zijn de uitkomsten van beide berekeningen niet exact gelijk.
Ook is te zien dat QW en QRSN ongeveer de gelijke waarden hebben: de flux door de onderrand is ongeveer gelijk aan de capillaire opstijging met als resultaat dat de grondwaterstand nauwelijks verandert (van 161.53 cm-mv naar 161.47 cm-mv).

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

REFERENTIES

AD HOC GROEP VERDAMPING, 1984. Herziening van de berekening van de gewasverdamping in het hydrologisch model GELGAM. Begeleidingsgroep GELGAM, 92 pp.

GRAAFF, J.A.J. DE, 1985. Bodemfysische interpretatie van de bodemkundige gegevens van het zuidelijk deel van de provincie Zuid-Holland. ICW nota 1664, 65 pp.

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING, 1981. Voortgezet onderzoek kanaal Waddinxveen-Voorburg. Deelrapport 1. Wateraanvoerbehoefte voor peilbeheer en zoutbelasting van boezemwateren. Nota ICW 1249, 205 pp.

LAAT, P.J.M. DE, 1980. Model for unsaturated flow above a shallow water table, applied to a regional sub-surface problem. Proefschrift Landbouwhogeschool, 126 pp.

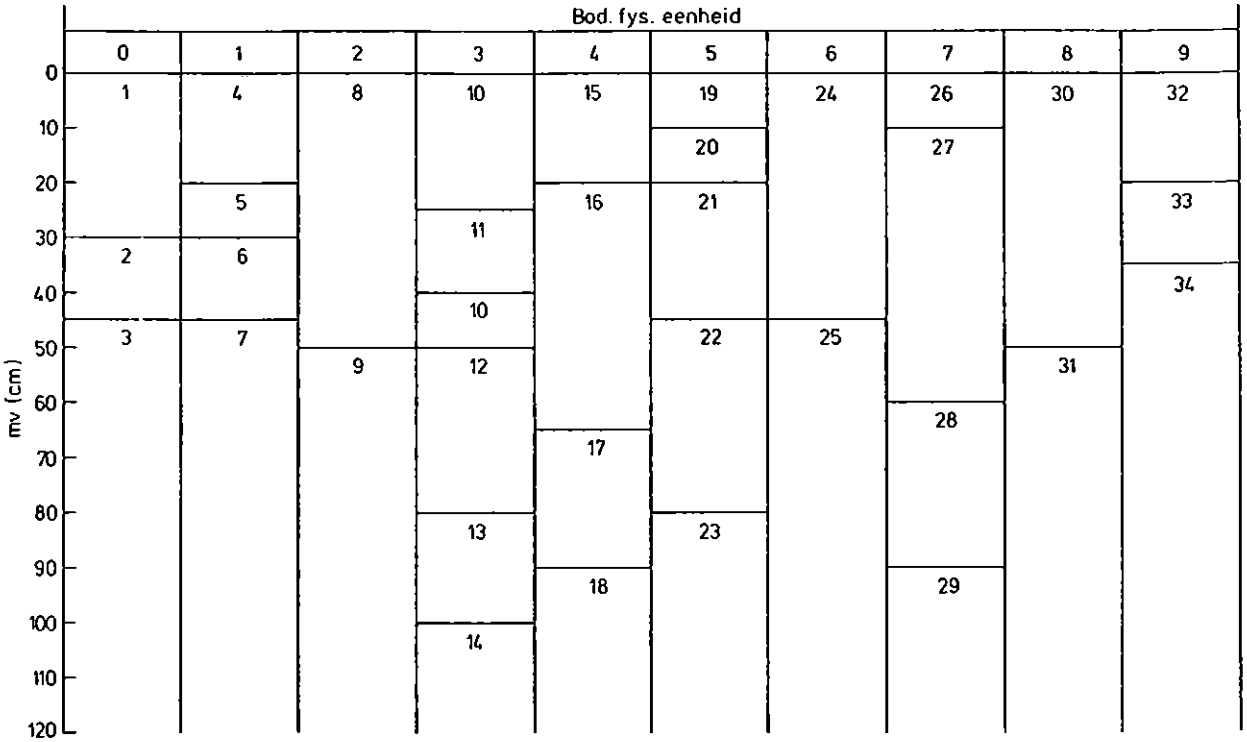
——— 1985. A simulation model for unsaturated flow. Report series no. 16. International Institute for Hydraulic and environmental Engineering. 91 pp.

WERKGROEP ICW, 1987. Wateraanvoerbehoefte Zuidhollandse eilanden en waarden. ICW-nota 1801.

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

Bijlage 1.

Schematische weergave van de bodemtype's en hun bouwsteennummers



ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

Bijlage 2.

Vochtgehalte θ en onverzadigde doorlatendheid K(cm.d^{-1})

bouw-steen	-h(cm) 0	10	20	31	50	100	250	500	1000	2500	5000	10000	16000
1	735.9	2.5	1.9	0.67	0.21	0.04	5.8E-3	1.7E-3	5.9E-4	2.3E-4	1.1E-4	5.2E-5	3.1E-5
	0.385	0.384	0.380	0.375	0.366	0.345	0.299	0.263	0.218	0.179	0.158	0.137	0.126
2	99.29	9.99	2.86	1.1	0.46	0.12	0.023	7.2E-3	2.0E-3	4.7E-4	1.4E-4	4.9E-5	2.2E-5
	0.416	0.364	0.356	0.346	0.327	0.299	0.247	0.215	0.192	0.167	0.150	0.133	0.118
3	104.6	6.67	3.65	1.94	1.23	0.27	0.017	4.8E-3	1.6E-3	4.2E-4	1.4E-4	4.7E-5	2.2E-5
	0.393	0.330	0.321	0.310	0.298	0.256	0.190	0.167	0.147	0.130	0.117	0.105	0.096
4	1530	32.71	10.13	3.14	0.8	0.12	1.1E-2	2.6E-3	7.2E-4	2.0E-4	8.6E-5	3.3E-5	1.6E-5
	0.465	0.445	0.437	0.426	0.383	0.285	0.230	0.193	0.164	0.140	0.117	0.096	0.083
5	1514	5.58	4.36	1.92	0.87	0.34	1.0E-2	2.3E-3	7.1E-4	2.2E-4	9.0E-5	3.4E-5	1.6E-5
	0.415	0.363	0.356	0.346	0.333	0.277	0.189	0.152	0.132	0.113	0.097	0.080	0.073
6	28.79	17.17	5.51	2.21	1.10	0.4	1.9E-2	5.7E-3	8.1E-4	1.2E-4	2.8E-5	6.7E-6	2.7E-6
	0.389	0.329	0.321	0.311	0.290	0.241	0.164	0.127	0.111	0.098	0.092	0.081	0.069
7	31.32	5.35	3.63	1.63	1.01	0.35	6.8E-3	4.8E-4	1.3E-4	3.8E-5	1.3E-5	4.2E-6	2.4E-6
	0.338	0.239	0.231	0.221	0.211	0.155	0.070	0.040	0.027	0.026	0.024	0.021	0.020
8	44.62	1.04	0.61	0.12	7.2E-2	1.1E-2	2.0E-3	8.1E-4	3.2E-4	1.5E-4	8.6E-5	4.4E-5	3.1E-5
	0.510	0.485	0.480	0.475	0.470	0.460	0.427	0.391	0.336	0.286	0.257	0.229	0.211
9	13.61	4.47	2.77	0.8	0.33	2.4E-2	2.2E-3	6.3E-4	2.4E-4	9.2E-5	4.0E-5	1.7E-5	1.0E-5
	0.620	0.571	0.562	0.554	0.544	0.512	0.420	0.367	0.325	0.284	0.253	0.226	0.208
10	51.10	17.18	5.83	2.22	0.67	7.5E-2	5.9E-3	1.3E-3	6.4E-4	2.3E-4	1.1E-4	5.5E-5	4.0E-5
	0.471	0.427	0.414	0.401	0.373	0.310	0.246	0.206	0.167	0.139	0.118	0.102	0.090
11	40.38	6.25	3.83	1.74	0.6	7.1E-2	4.7E-3	7.7E-4	2.5E-4	1.1E-4	4.5E-5	2.1E-5	1.3E-5
	0.492	0.432	0.424	0.415	0.402	0.364	0.292	0.255	0.207	0.176	0.154	0.136	0.124
12	246.9	10.38	6.66	3.06	1.92	0.38	6.1E-3	1.3E-3	2.7E-4	8.4E-5	3.2E-5	1.2E-5	6.6E-6
	0.494	0.431	0.422	0.411	0.399	0.345	0.248	0.212	0.185	0.164	0.146	0.131	0.120
13	92.86	10.76	4.4	1.83	1.56	0.35	6.9E-3	1.7E-3	4.2E-4	1.4E-4	5.7E-5	2.2E-5	1.3E-5
	0.472	0.399	0.390	0.380	0.369	0.326	0.249	0.218	0.193	0.171	0.153	0.135	0.123
14	65.57	5.03	0.51	0.15	5.7E-2	1.3E-2	4.6E-3	1.9E-3	8.8E-4	3.2E-4	1.4E-4	7.5E-5	3.4E-5
	0.607	0.562	0.551	0.541	0.529	0.506	0.475	0.423	0.336	0.298	0.267	0.237	0.218
15	215.9	0.36	0.085	0.041	1.9E-2	4.2E-3	1.3E-3	5.9E-4	3.4E-4	1.9E-4	1.1E-4	6.1E-5	4.3E-5
	0.461	0.376	0.368	0.360	0.355	0.345	0.333	0.307	0.210	0.160	0.141	0.123	0.111
16	250	0.5	0.36	0.23	0.13	8.0E-2	1.6E-2	5.5E-3	1.5E-3	2.5E-4	1.0E-4	2.5E-5	2.0E-5
	0.455	0.441	0.430	0.425	0.418	0.402	0.345	0.300	0.262	0.235	0.218	0.200	0.190
17	160	4.2	1.4	0.7	0.35	1.2E-1	2.3E-2	9.0E-3	3.1E-3	8.0E-4	2.6E-4	9.0E-5	4.2E-5
	0.400	0.360	0.348	0.335	0.320	0.290	0.252	0.230	0.210	0.185	0.166	0.148	0.135
18	17.32	2.57	2.15	1.66	1.53	1.23	9.7E-3	5.0E-4	8.7E-5	1.5E-5	3.3E-6	1.0E-6	1.0E-7
	0.349	0.227	0.220	0.211	0.201	0.152	0.072	0.041	0.026	0.026	0.024	0.021	0.020

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

Bijlage 2. Vervolg

19	92.93	3.62	0.22	3.057	0.03	0.01	4.3E-3	2.2E-3	1.1E-3	4.9E-4	2.3E-4	1.4E-4	9.1E-5
	0.634	0.559	0.541	0.525	0.507	0.479	0.412	0.353	0.320	0.276	0.243	0.212	0.193
20	75.5	2.65	0.55	0.24	0.1	0.034	0.01	4.4E-3	2.2E-3	9.5E-4	4.6E-4	2.2E-4	1.5E-4
	0.597	0.562	0.545	0.530	0.506	0.465	0.378	0.323	0.282	0.239	0.211	0.183	0.165
21	60.74	1.77	0.93	0.255	0.12	0.025	8.2E-3	2.7E-3	1.2E-3	5.2E-4	2.8E-4	1.3E-4	8.2E-5
	0.702	0.669	0.662	0.656	0.640	0.611	0.533	0.434	0.413	0.359	0.321	0.235	0.264
22	11.74	1.77	0.94	0.3	0.15	0.04	9.8E-3	2.3E-3	7.5E-4	1.8E-4	6.3E-5	2.2E-5	1.1E-5
	0.612	0.579	0.572	0.566	0.556	0.536	0.490	0.446	0.377	0.326	0.288	0.255	0.232
23	130.7	1.62	1.01	0.33	0.16	5.5E-2	1.3E-2	3.5E-3	1.0E-3	2.2E-4	9.1E-5	2.6E-5	1.7E-5
	0.661	0.634	0.625	0.618	0.607	0.582	0.518	0.471	0.399	0.351	0.317	0.285	0.266
24	11.48	1.445	0.87	0.213	0.08	0.029	5.0E-3	9.9E-4	1.6E-4	7.7E-5	4.0E-6	1.0E-6	1.0E-9
	0.426	0.330	0.327	0.323	0.309	0.290	0.222	0.183	0.154	0.127	0.108	0.093	0.083
25	64.57	12.25	8.59	4.34	3.35	0.72	4.4E-3	9.0E-4	2.1E-4	4.7E-5	1.3E-5	3.0E-6	1.0E-6
	0.438	0.372	0.367	0.360	0.349	0.290	0.183	0.152	0.138	0.124	0.112	0.101	0.093
26	19.65	0.73	0.4	0.11	5.0E-2	1.6E-2	5.0E-3	2.3E-3	1.1E-3	3.6E-4	1.7E-4	7.9E-5	4.6E-5
	0.601	0.546	0.537	0.528	0.518	0.493	0.445	0.406	0.372	0.334	0.304	0.272	0.253
27	209.6	0.31	0.14	4.4E-2	2.1E-2	7.6E-3	2.7E-3	1.4E-3	7.6E-4	3.2E-4	1.8E-4	9.8E-5	6.7E-5
	0.517	0.466	0.458	0.451	0.445	0.432	0.410	0.379	0.335	0.294	0.266	0.238	0.221
28	11.75	7.4E-2	4.3E-2	9.8E-3	7.4E-3	4.7E-3	2.6E-3	1.2E-3	5.9E-4	2.6E-4	1.3E-4	6.4E-5	4.1E-5
	0.582	0.555	0.552	0.549	0.544	0.535	0.511	0.483	0.450	0.411	0.378	0.343	0.321
29	67.76	14.96	6.45	0.99	0.16	1.0E-2	1.9E-3	7.2E-4	3.6E-4	1.5E-4	7.2E-5	3.4E-5	2.1E-5
	0.709	0.653	0.638	0.624	0.591	0.552	0.505	0.466	0.427	0.382	0.347	0.312	0.289
30	66.17	1.028	0.62	0.14	0.07	1.6E-2	2.6E-3	9.1E-4	4.3E-4	2.2E-4	1.3E-4	7.0E-5	4.9E-5
	0.395	0.366	0.362	0.358	0.355	0.343	0.332	0.302	0.260	0.195	0.176	0.158	0.148
31	16.22	5.62	3.52	1.07	0.44	3.1E-2	2.0E-3	3.6E-4	1.0E-4	2.9E-5	9.5E-6	3.0E-6	1.0E-6
	0.471	0.434	0.428	0.422	0.418	0.390	0.269	0.210	0.170	0.139	0.117	0.100	0.090
32	10	1.79	0.93	0.28	0.11	3.2E-2	8.4E-3	1.9E-3	6.8E-4	2.5E-4	1.3E-4	4.9E-5	3.2E-5
	0.597	0.575	0.559	0.541	0.519	0.485	0.361	0.291	0.237	0.200	0.180	0.166	0.145
33	12.07	1.85	1.11	0.28	0.11	1.4E-2	3.2E-3	1.4E-3	6.8E-4	2.5E-4	1.2E-4	5.3E-5	3.1E-5
	0.716	0.674	0.666	0.657	0.645	0.615	0.559	0.503	0.463	0.413	0.374	0.337	0.313
34	81.27	3.35	1.46	0.37	0.17	2.9E-2	9.1E-3	1.6E-3	6.1E-4	2.1E-4	7.5E-5	3.5E-5	1.7E-5
	0.828	0.783	0.732	0.772	0.756	0.724	0.659	0.612	0.516	0.451	0.402	0.359	0.332

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

Bijlage 3.

Beeldschermformulier van programma PREORDER

Form: ORDER

```
          1         2         3         4         5         6         7         8
12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
--------------------------------------------------------------------------------
 1|                                                                              |1
 2|                   OPVRAAGFORMULIER VOOR PROGRAMMA ORDER                      |2
 3|                                                                              |3
 4|Hoeveel variabelen moeten er worden gesorteerd : 7                            |4
 5|Welke variabelen moeten er worden gesorteerd   :  3  4  5  6  7  9 10         |5
 6|                                                                              |6
 7|                                                                              |7
 8|          De navolgende vragen moeten worden beantwoord met YES of NO         |8
 9|                                                                              |9
10|vakken file               : NO                                                |10
11|                                                                              |11
12|blanke regels             : NO                                                |12
13|                                                Gebruik de volgende toetsen:  |13
14|Input blok file           : YES                 TAB        = volgend veld     |14
15|                                                BACK SPACE = vorig veld       |15
16|Extended blok file        : NO                  LINE FEED  = maak veld schoon |16
17|                                                RETURN     = afsluiten formulier|17
18|nieuwe file (raw formaat) : YES                                               |18
19|                                                                              |19
20|bloknummers op RAW file   : YES                                               |20
21|                                                                              |21
22|vakken/blok/deelgebied    : NO                                                |22
23|                                                                              |23
--------------------------------------------------------------------------------
12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
          1         2         3         4         5         6         7         8
```

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

Bijlage 4.

Output van programma HYMUST (TABELF.DAT)

TABEL VOOR BLOK NR = 4 BEREKEND VOOR 40 VAKKEN VAN 25 HA = 1000. HA

AANVOERBEHOEFTE VOOR PEILBEHEER IN M3/SEC

JAAR	DECADE																	
	APR			MEI			JUN			JUL			AUG			SEP		
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1960	0.07	0.12	0.16	0.22	0.17	0.05	0.19	0.21	0.24	0.05	0.07	0.08	-0.13	-0.42	-0.46	-0.18	-0.07	-0.06
1961	-0.26	0.00	0.02	0.09	0.17	0.20	0.20	0.14	0.22	0.23	-0.26	0.02	0.12	0.01	-0.05	-0.31	0.01	-0.02
1962	-0.29	-0.01	0.12	0.14	0.12	0.01	0.20	0.25	0.26	0.25	-0.17	-0.30	-0.04	0.08	0.12	-0.01	-0.23	0.01
1963	0.08	0.07	0.08	0.07	0.00	0.07	0.21	0.10	0.09	-0.05	0.07	0.20	0.10	-0.33	-0.61	-0.37	0.06	-0.07
1964	0.04	0.04	-0.09	0.00	0.14	0.22	0.05	-0.17	0.02	0.14	0.13	0.15	0.05	-0.04	0.16	0.00	-0.06	0.03
1965	0.05	-0.20	-0.09	-0.55	0.11	0.17	0.16	-0.03	0.13	-0.05	-0.11	-0.36	-0.14	0.13	-0.23	-0.62	-0.05	0.04
1966	-0.07	-0.21	-0.06	0.05	0.19	0.21	0.25	0.00	-0.64	0.01	-0.35	-0.21	-0.15	0.14	0.03	0.06	-0.03	0.06
1967	-0.07	0.03	0.15	0.16	-0.04	-0.20	0.11	0.21	0.17	0.20	0.22	0.23	0.22	-0.06	0.12	0.00	-0.25	0.02
1968	0.07	0.16	0.14	0.01	-0.03	0.13	0.13	0.13	0.02	-0.42	-0.06	0.12	-0.09	-0.90	0.08	0.06	-0.12	-0.73
1969	0.11	-0.04	-0.10	0.00	-0.16	0.11	0.08	0.20	0.22	0.15	0.19	0.23	0.27	0.23	-0.56	13.05	0.91	0.47
1970	-0.28	-0.05	-0.07	0.06	0.15	0.20	0.26	0.29	0.29	0.24	0.12	0.04	0.13	0.14	0.18	0.16	-0.18	0.05
1971	0.19	0.11	0.11	0.19	0.13	-0.10	0.12	-0.45	-0.05	0.18	0.24	0.07	0.09	0.12	0.05	0.15	0.16	0.03
1972	0.01	-0.03	0.09	0.11	0.04	0.02	0.10	0.16	0.07	-0.11	0.14	0.07	-0.02	-0.09	0.12	0.05	-0.16	0.03
1973	0.00	0.00	0.01	-0.12	0.03	-0.01	0.00	0.19	0.24	0.27	0.11	0.02	0.09	0.19	0.16	0.16	0.12	-0.26
1974	0.16	0.19	0.15	0.18	0.22	0.15	0.00	0.14	0.20	-0.02	-0.10	0.10	0.09	-0.01	0.12	-0.20	0.01	-0.46
1975	-0.33	-0.13	0.04	0.06	0.13	0.21	0.21	0.22	-0.15	0.09	0.16	0.17	0.23	0.16	0.03	0.10	-0.03	-0.22
1976	0.13	0.17	0.21	0.24	0.26	0.20	0.24	0.22	0.26	0.29	0.31	0.24	0.24	0.27	0.29	0.12	-0.11	-0.05
1977	-0.15	-0.03	0.04	0.04	0.02	0.20	0.19	0.20	0.21	0.26	0.24	0.09	0.08	-0.04	-0.69	0.04	0.05	0.06
1978	0.07	-0.04	0.02	-0.22	0.00	0.15	0.17	0.20	-0.10	-0.47	0.03	0.15	0.14	0.11	-0.02	-0.06	0.04	-0.23
1979	-0.02	0.06	-0.27	-0.21	0.05	-0.32	0.01	-0.27	0.06	0.16	0.15	0.17	0.10	-0.03	-0.09	0.03	0.07	0.06
1980	-0.16	0.03	0.06	0.18	0.25	0.24	0.23	0.19	0.01	-0.53	-0.50	0.07	0.15	0.11	0.01	0.04	0.06	0.07
1981	0.05	0.14	0.10	-0.02	0.12	-0.17	-0.04	0.05	-0.09	0.10	0.11	-0.04	0.08	0.07	0.12	0.06	-0.13	0.00
1982	0.01	0.10	0.13	0.10	0.15	0.19	0.25	0.10	-0.02	0.14	0.21	0.22	0.21	0.09	0.00	0.05	0.09	-0.03
1983	-0.25	-0.35	-0.34	-0.26	-0.11	-0.11	0.08	0.21	0.21	0.22	0.26	0.26	0.17	0.20	0.20	-0.07	-1.50	0.03
1984	-0.03	0.06	0.19	0.16	0.08	-0.20	-0.19	0.12	0.11	0.15	-0.51	0.10	0.05	0.15	0.17	-0.30	-0.24	-0.55
1985	-0.20	-0.36	-0.01	0.01	0.01	0.14	0.14	0.02	-0.17	0.13	0.15	-0.24	-0.19	-0.21	0.00	-0.04	-0.01	0.04
1986	-0.04	-0.06	-0.11	-0.16	0.11	0.12	-0.15	0.17	0.23	0.24	0.26	0.17	0.20	0.20	-0.38	-0.11	-0.15	0.03

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

Bijlage 5.

Output van het programma HYMUST (DECADE.DAT)

Berekeningen per decade voor het jaar : 1975 en bloknummer : 4 zonder beregening

Bodemgebruik : 3 (Recreatie) Bodemeenheid : 5 Kwelintensiteit : 0.015 cm/dag
Zomerpeil : 40. cm-mv Winterpeil : 50. cm-mv Drainageweerstand : 150. dagen

DECADE	NEERSLAG CM/DAG	EO CM/DAG	ETTP CM/DAG	EACT CM/DAG	PEN CM	QRSN CM/DAG	w CM-MV	QW CM/DAG	INFT CM/DAG	FLEVEL CM-MV	GIRR CM/DAG
1	0.161	0.050	0.040	0.040	16.896	-0.101	42.567	-0.070	-0.085	50.000	0.000
2	0.218	0.080	0.064	0.064	13.077	-0.143	38.670	-0.129	-0.144	50.000	0.000
3	0.505	0.082	0.065	0.065	1.759	-0.396	27.452	-0.372	-0.387	50.000	0.000
4	0.059	0.030	0.024	0.024	13.869	-0.085	39.718	-0.115	-0.130	50.000	0.000
5	0.195	0.080	0.064	0.064	13.228	-0.129	39.035	-0.126	-0.141	50.000	0.000
6	0.300	0.100	0.080	0.080	23.491	0.044	46.216	-0.001	-0.016	50.000	0.000
7	0.392	0.100	0.080	0.080	11.762	-0.188	37.342	-0.146	-0.161	50.000	0.000
8	0.206	0.110	0.088	0.088	13.039	-0.125	38.629	-0.130	-0.145	50.000	0.000
9	0.447	0.173	0.135	0.133	4.631	-0.284	31.657	-0.266	-0.281	50.000	0.000
10	0.461	0.190	0.152	0.152	1.001	-0.278	25.006	-0.267	-0.282	40.000	0.000
11	0.193	0.180	0.144	0.144	5.193	-0.083	32.154	-0.094	-0.109	40.000	0.000
12	0.073	0.260	0.208	0.208	20.218	0.090	44.341	0.051	0.036	40.000	0.000
13	0.295	0.360	0.288	0.288	22.133	0.077	46.394	0.068	0.053	40.000	0.000
14	0.063	0.320	0.256	0.256	34.373	0.162	53.567	0.126	0.113	40.000	0.000
15	0.015	0.418	0.335	0.335	71.355	0.251	62.121	0.199	0.184	40.000	0.000
16	0.222	0.480	0.384	0.384	55.425	0.187	61.702	0.196	0.181	40.000	0.000
17	0.141	0.470	0.376	0.376	65.592	0.215	62.791	0.205	0.190	40.000	0.000
18	0.783	0.430	0.344	0.344	1.759	-0.264	27.453	-0.117	-0.132	40.000	0.000
19	0.125	0.460	0.368	0.368	26.916	0.158	48.978	0.090	0.075	40.000	0.000
20	0.092	0.390	0.312	0.312	41.569	0.190	56.381	0.152	0.137	40.000	0.000
21	0.166	0.418	0.335	0.335	42.283	0.167	57.590	0.162	0.147	40.000	0.000
22	0.078	0.540	0.432	0.432	89.677	0.267	64.144	0.216	0.201	40.000	0.000
23	0.309	0.370	0.296	0.296	34.764	0.088	56.152	0.150	0.135	40.000	0.000
24	0.316	0.327	0.262	0.262	17.603	-0.012	43.158	0.041	0.026	40.000	0.000
25	0.035	0.240	0.192	0.192	27.841	0.130	50.132	0.099	0.084	40.000	0.000
26	0.303	0.230	0.184	0.184	10.844	-0.070	36.169	-0.015	-0.030	40.000	0.000
27	0.433	0.250	0.200	0.200	1.345	-0.195	27.659	-0.179	-0.194	40.000	0.000
28	0.131	0.180	0.144	0.144	16.121	-0.043	41.890	-0.080	-0.095	50.000	0.000
29	0.066	0.090	0.072	0.072	20.956	-0.007	46.171	-0.023	-0.038	50.000	0.000
30	0.002	0.055	0.044	0.044	25.165	0.031	50.040	0.015	0.000	50.000	0.000
31	0.136	0.040	0.032	0.032	18.025	-0.034	43.590	-0.057	-0.072	50.000	0.000
32	0.490	0.040	0.032	0.032	1.971	-0.399	27.943	-0.356	-0.371	50.000	0.000
33	0.585	0.050	0.040	0.040	1.000	-0.523	22.840	-0.516	-0.533	50.000	0.000
34	0.133	0.050	0.040	0.040	5.762	-0.195	34.416	-0.211	-0.226	50.000	0.000
35	0.036	0.000	0.000	0.000	15.723	-0.061	41.529	-0.085	-0.100	50.000	0.000
36	0.113	0.045	0.036	0.036	16.197	-0.078	41.957	-0.079	-0.094	50.000	0.000

Samenvattende waterbalans voor de zomerperiode in cm per half jaar :

Nuttige neerslag	(N) :	40.59
Open waterverdamping	(EO) :	64.50
Potentiele verdamping	(ETIP) :	51.60
Actuele verdamping	(EACT) :	51.60
Relatieve verdamping	(EACT/ETIP) :	1.00
Stroming door onderkant model	(QW) :	11.26
Bergingsverandering wortelzone	:	-0.19
Bergingsverandering ondergrond	:	-0.07
Beregening	:	0.00

Aanvoerbehoefte voor peilbeheer	(INFT) :	15.96
Piekaanvoerbehoefte :	0.201 cm/dag, in decade : 22	
Aanvoerbehoefte voor beregening	(GIRR) :	0.00
Kwel (+) of wegzijging (-)	(FSEEP) :	2.75

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

Bijlage 6.

Output van het programma SOMBLOK (PERHMP.DAT)

1

TABEL	HOEVEEL VAR.	VOLGNR	WELKE VAR.	CODE	TABEL (VOLGNUMMER)
0	1				31

Waterschap de grote Waard (3) DEELGEB = 0 OPP.= 25375 HA, VOOR PEILBEHEER OPP.= 22400 HA

AANVOERBEHOEFTE VOOR PEILBEHEER IN M3/SEC

JAAR	DECADE	APR			MEI			JUN			JUL			AUG			SEP		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1937		-2.40	-3.69	-5.00	-1.30	-2.24	-0.36	-0.27	-0.08	0.06	0.19	0.28	0.30	0.56	-0.01	0.05	0.13	-2.28	-2.43
1938		-0.23	-0.09	-0.02	0.15	0.21	0.29	0.46	0.54	0.60	0.51	0.60	0.75	0.38	0.59	0.64	0.58	0.62	0.63
1939		-2.06	-0.56	-0.33	-0.21	-1.26	-0.03	0.29	0.07	0.41	0.45	0.45	0.14	0.36	0.57	0.53	0.55	-0.09	0.29
1940		-1.76	-1.39	-0.90	-0.53	-0.06	-0.05	0.32	-0.08	0.33	0.28	0.34	0.42	0.62	0.55	0.33	0.61	-0.74	-0.31
1941		-1.53	-1.22	-0.36	-0.14	0.09	-0.11	0.06	0.41	0.60	0.61	0.59	0.59	0.12	-0.11	0.05	0.30	0.13	0.33
1942		-0.69	-0.05	0.17	0.26	0.25	0.25	0.57	0.35	0.69	0.45	-4.03	-1.07	-0.34	-0.25	0.04	0.04	0.14	-0.14
1943		-0.25	0.03	0.07	0.04	0.36	0.17	-0.40	-0.25	0.10	0.18	0.36	0.52	0.11	0.40	0.35	0.46	0.42	-0.02
1944		-0.23	-0.11	0.05	0.23	0.13	0.42	0.19	0.48	0.54	0.47	0.57	0.57	0.81	0.68	0.71	-0.54	0.23	-0.44
1945		-0.17	0.05	-1.32	-1.20	-0.38	-5.68	-0.98	-0.19	-0.11	0.11	0.44	0.32	0.08	0.40	0.39	0.47	0.50	-1.42
1946		-0.60	-0.30	-0.07	0.21	0.16	0.19	-0.26	-1.12	-0.09	0.27	0.11	0.25	0.29	-0.20	-0.33	-0.16	-1.96	-1.13
1947		-3.23	-0.74	-0.31	-0.13	-0.24	0.24	0.11	0.30	0.53	0.39	0.57	0.74	0.66	0.90	0.89	0.80	0.88	0.70
1948		-0.34	0.05	0.15	0.10	0.44	0.30	0.40	0.41	-1.31	-1.14	-4.40	-0.53	-0.53	-0.15	0.11	0.14	0.22	0.26
1949		-0.52	-0.09	-0.07	0.14	0.18	0.00	0.29	0.31	0.56	0.57	0.55	0.71	0.71	0.76	0.79	0.81	0.54	0.53
1950		-0.28	-0.30	-1.39	-1.67	-0.43	-0.84	0.15	0.20	-0.07	0.18	0.33	0.42	-0.21	0.21	-0.74	-0.21	-1.46	-7.32
1951		-7.86	-2.39	-0.74	-0.64	-0.15	-0.24	0.23	0.21	-0.40	0.22	0.21	0.37	-0.38	-0.73	-0.35	-0.18	-0.56	-0.41
1952		-1.80	-0.47	-0.23	-0.12	0.18	0.24	0.29	0.37	0.53	0.45	0.56	0.55	0.62	0.61	0.63	0.45	0.08	-1.54
1953		-1.32	-0.52	-0.44	-0.07	0.10	0.14	0.16	0.36	0.37	0.54	0.45	0.62	0.64	0.75	-0.25	0.43	0.35	-1.07
1954		-0.57	-0.17	0.04	0.16	0.41	0.15	0.40	-0.06	0.31	0.39	-0.21	-1.65	-0.55	-1.12	-1.85	-0.74	-0.34	-3.75
1955		-0.59	-0.21	0.00	-0.01	-1.25	-0.15	0.10	0.05	0.30	0.40	0.35	0.61	0.50	0.64	0.71	0.66	-0.46	0.19
1956		-0.20	-0.52	-0.06	0.12	0.19	0.36	0.30	0.40	0.50	0.54	0.53	0.69	0.36	0.55	-0.08	0.04	0.06	0.21
1957		-0.59	-0.43	-0.05	-0.05	-0.03	0.17	0.30	0.56	0.51	0.51	0.50	0.58	0.61	0.09	0.11	-0.49	-6.61	-9.77
1958		-0.48	-0.22	-0.33	-0.04	-0.01	0.15	0.36	0.42	-0.09	0.27	0.36	0.40	0.45	0.49	0.48	0.54	0.49	0.13
1959		-0.99	-0.42	-1.46	-0.33	0.04	0.20	0.33	0.51	0.42	0.61	0.71	0.64	0.37	0.65	0.71	0.75	0.68	0.67
1960		-0.28	-0.01	0.11	0.31	0.12	0.09	0.47	0.43	0.54	0.44	0.57	0.59	0.65	-0.15	-3.11	-4.78	-2.35	-3.52
1961		-4.34	-1.57	-1.00	-0.36	-0.12	0.03	0.20	0.05	0.44	0.43	-0.49	0.15	0.25	0.15	0.20	-0.28	0.06	-0.20
1962		-3.87	-1.31	-0.43	-0.22	-0.10	-0.28	0.25	0.30	0.33	0.41	0.37	0.27	0.45	0.52	0.50	0.22	-1.07	-0.16
1963		-0.51	-0.88	-0.44	-0.57	-0.83	-0.25	0.17	-0.28	-0.34	0.03	0.14	0.40	0.28	0.11	-4.90	-5.02	-1.20	-1.83
1964		-0.82	-0.65	-2.47	-1.16	-0.29	0.05	-0.19	-0.42	-0.01	0.18	0.19	0.39	0.14	-0.65	0.16	0.08	0.23	0.26
1965		-1.00	-3.91	-2.85	-5.89	-1.16	-0.41	-0.15	-0.13	0.19	0.09	0.11	-0.37	0.02	0.20	-1.52	-4.90	-3.03	-1.10
1966		-1.46	-5.04	-2.56	-0.85	-0.23	-0.08	0.19	-0.34	-1.28	-0.54	-1.15	-3.10	-2.43	-0.42	-0.44	-0.14	-0.24	-0.03
1967		-2.33	-1.05	-0.35	-0.17	-0.55	-2.54	-0.44	0.01	0.03	0.28	0.29	0.43	0.49	-0.05	0.48	0.28	0.14	0.27
1968		-0.49	-0.06	-0.05	-0.79	-0.82	-0.07	0.00	0.22	0.09	-0.45	-0.46	-0.03	-1.58	-5.13	-1.26	-0.85	-1.95	-0.02
1969		-0.71	-1.64	-3.02	-0.86	-2.28	-0.57	-0.42	0.02	0.04	0.13	0.32	0.46	0.56	0.48	-0.41	0.28	0.33	0.34
1970		-2.99	-1.44	-1.63	-0.47	-0.24	0.01	0.35	0.41	0.35	0.42	0.22	0.36	0.43	0.49	0.57	0.55	-0.45	0.24
1971		-0.41	-0.19	-0.15	0.12	0.15	-0.53	0.35	-2.54	-0.76	0.04	0.17	0.01	0.13	0.28	0.28	0.43	0.41	0.24
1972		-0.39	-0.46	-0.09	-0.15	-0.23	-0.18	-0.24	0.21	-0.02	-0.21	0.30	-1.20	-1.28	-0.88	-0.13	-0.39	-1.88	-0.55
1973		-0.43	-0.23	-0.21	-1.10	-0.23	-0.14	-0.05	0.34	0.39	0.59	0.20	0.41	0.52	0.64	0.57	0.62	0.65	0.08
1974		-0.32	-0.09	-0.05	0.15	0.29	0.37	0.09	0.47	0.45	0.17	0.16	0.47	0.31	0.12	0.42	-0.96	-0.16	-3.47
1975		-5.31	-2.93	-1.06	-0.81	-0.62	-0.06	-0.06	0.23	-0.12	0.23	0.23	0.41	0.59	0.50	0.38	0.56	-0.03	-0.48
1976		-0.22	0.01	0.19	0.34	0.42	0.44	0.63	0.55	0.81	0.90	0.76	0.79	0.89	0.93	0.93	0.65	0.20	0.57
1977		-3.31	-1.65	-0.89	-0.96	-0.93	-0.02	-0.05	0.09	0.28	0.48	0.42	0.27	0.55	0.17	-0.05	0.16	0.25	0.28
1978		-0.59	-1.76	-1.47	-1.65	-0.90	-0.18	0.07	0.16	-0.19	-0.69	0.01	0.21	0.22	0.36	0.39	0.46	0.51	0.00
1979		-2.78	-0.95	-2.71	-3.59	-1.35	-3.97	-3.91	-2.09	-0.50	-0.17	-0.03	0.11	0.18	0.11	-0.31	0.06	0.13	0.07
1980		-2.94	-0.68	-0.47	-0.07	0.21	0.20	0.27	0.39	0.37	-0.45	-1.46	-0.06	0.09	0.17	0.20	0.36	0.37	0.34
1981		-1.51	-0.51	-1.40	-3.71	-1.13	-2.29	-1.14	-0.38	-0.68	-0.08	-0.02	0.08	0.29	0.28	0.41	0.47	-0.37	0.07
1982		-1.00	-0.38	-0.17	-0.10	0.14	0.24	0.47	0.15	0.23	0.56	0.57	0.59	0.40	0.56	0.53	0.57	0.57	0.30
1983		-5.36	-3.59	-3.65	-6.32	-5.49	-2.95	-0.92	-0.13	-0.09	0.15	0.32	0.32	0.46	0.53	0.56	0.61	-2.93	-0.72
1984		-2.07	-0.86	-0.22	-0.21	-0.35	-1.39	-1.36	-0.21	-0.02	0.08	-0.39	0.17	0.18	0.34	0.46	-1.30	-1.35	-5.17
1985		-2.68	-4.26	-1.18	-1.16	-1.63	-0.30	-0.13	-0.27	-0.25	0.19	0.17	-0.27	-0.65	-0.92	-0.27	-0.21	-0.07	0.30
1986		-1.95	-2.39	-1.69	-1.23	-0.32	-0.09	-0.64	0.15	0.28	0.28	0.42	0.41	0.59	0.59	-0.59	-0.16	-0.54	-0.11

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

Bijlage 7.

Output van het programma HOEVAAK (SELMAX.DAT)

```
 1  1
MAXIMUM VAN DE DECADECIJFERS VAN    1  TOT   18

      50          1
 0.56      0.75      0.57      0.62      0.61      0.69      0.52      0.81      0.50      0.29      0.90      0.44
 0.81      0.42      0.37      0.63      0.75      0.41      0.71      0.69      0.61      0.54      0.75      0.65
 0.44      0.52      0.40      0.39      0.29      0.19      0.49      0.22      0.58      0.57      0.43      0.30
 0.65      0.47      0.59      0.93      0.55      0.51      0.18      0.39      0.47      0.59      0.61      0.46
 0.19      0.59
```

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

Bijlage 8.

Output van het programma GUMBEL (KANSEN.DAT)

```
BOX/COX-TRANSFORMATION PARAMETER=   1.00

 MAXIMUM VAN DE DECADECIJFERS VAN    1  TOT   16

 ITER X AT P=.01       P=.50       P=.99  LOCATION      SCALE      SHAPE
   3        0.17        0.50        1.24     0.440      0.175
   6        0.12        0.53        0.92     0.469      0.180      0.303
      A-MOS     BARDSLEY    R-JOH1970     NORM.DEV.    N
      2.008        2.889       -0.246         3.494   50

       P       2 PAR.     3 PAR.

     1.0        0.17       0.12
     5.0        0.25       0.23
    10.0        0.29       0.30
    20.0        0.35       0.38
    30.0        0.41       0.43
    40.0        0.46       0.48
    50.0        0.50       0.53
    60.0        0.56       0.58
    70.0        0.62       0.63
    80.0        0.70       0.69
    85.0        0.76       0.72
    90.0        0.83       0.76
    95.0        0.96       0.82
    98.0        1.12       0.88
    99.0        1.24       0.92
    99.7        1.45       0.96
    99.9        1.65       0.99

Plotting positions

  1.96   0.18          3.92   0.19          5.88   0.19          7.84   0.20          9.80   0.22         11.76   0.29
 13.73   0.30         15.69   0.37         17.65   0.39         19.61   0.39         21.57   0.40         23.53   0.41
 25.49   0.42         27.45   0.43         29.41   0.44         31.37   0.44         33.33   0.46         35.29   0.47
 37.25   0.47         39.22   0.49         41.18   0.50         43.14   0.51         45.10   0.52         47.06   0.52
 49.02   0.54         50.98   0.55         52.94   0.56         54.90   0.57         56.86   0.57         58.82   0.58
 60.78   0.59         62.75   0.59         64.71   0.59         66.67   0.61         68.63   0.61         70.59   0.61
 72.55   0.62         74.51   0.63         76.47   0.65         78.43   0.65         80.39   0.69         82.35   0.69
 84.31   0.71         86.27   0.75         88.24   0.75         90.20   0.75         92.16   0.81         94.12   0.81
 96.08   0.90         98.04   0.93

 KANSVERDELING VAN EXTREME WAARDEN BEREKEND VOOR ZOWEL DE TWEE- ALS DRIE PARAMETER METHODE
INCLUSIEF EEN 90 % BETROUW-BAARHEIDSINTERVAL

                        <------ 2 PAR ------>                <---------- 3 PAR ---------->
                        P12        P22                       SIGN       P13        P23        P33
                       0.440      0.175                     0.000      0.469      0.180      0.303  UPPER BOUND =      1.065

   N     T      PX       XL2        XP2        XU2                     XL3        XP3        XU3        PX      T      N

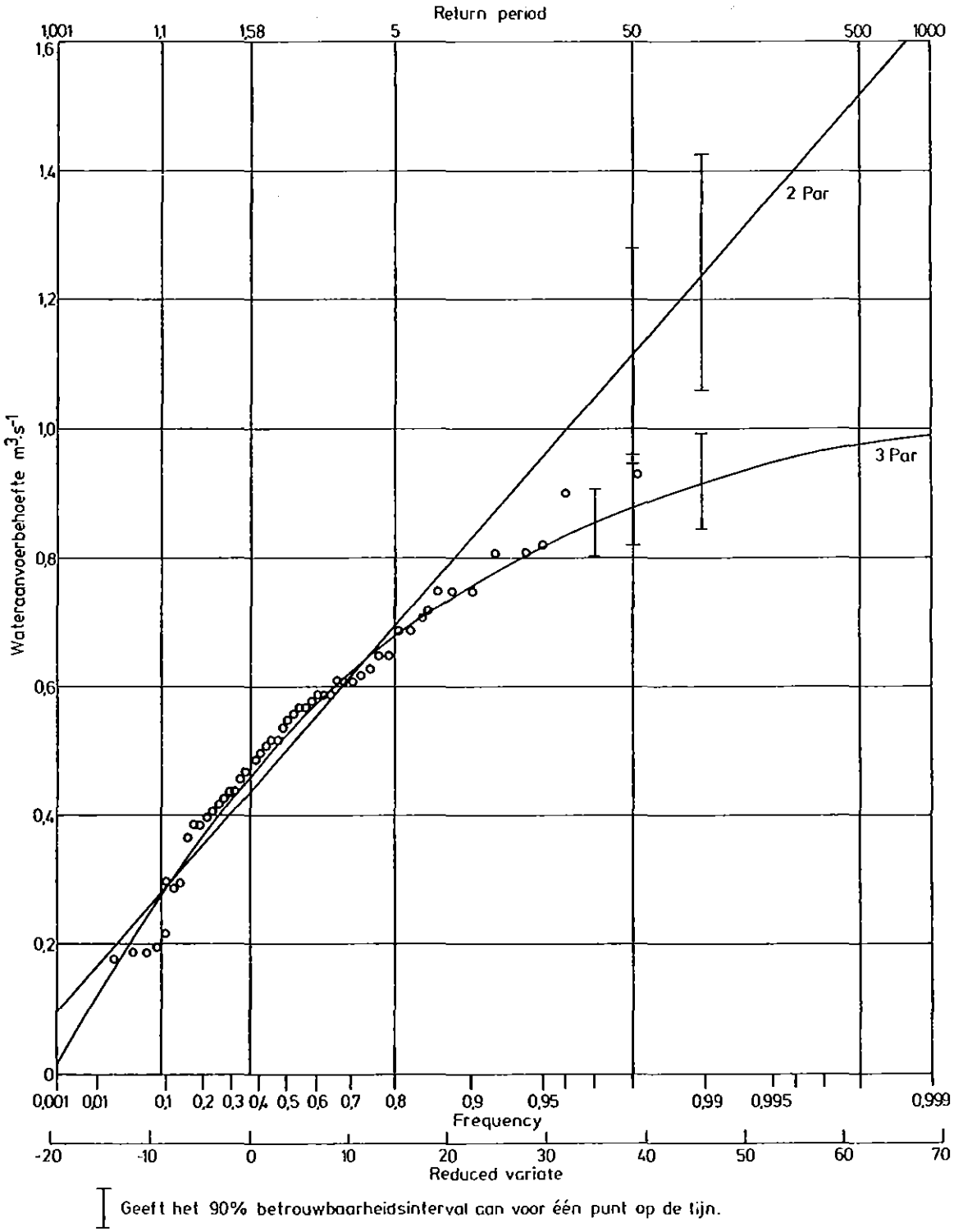
  50    10.   0.900     0.723      0.833      0.944                   0.714      0.763      0.813     0.900   10.    50
        35.   0.971     0.909      1.059      1.208                   0.803      0.861      0.919     0.971   35.

        50.   0.980     0.961      1.122      1.282                   0.820      0.882      0.944     0.980   50.
       100.   0.990     1.062      1.244      1.426                   0.846      0.917      0.987     0.990  100.
```

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

Bijlage 9.

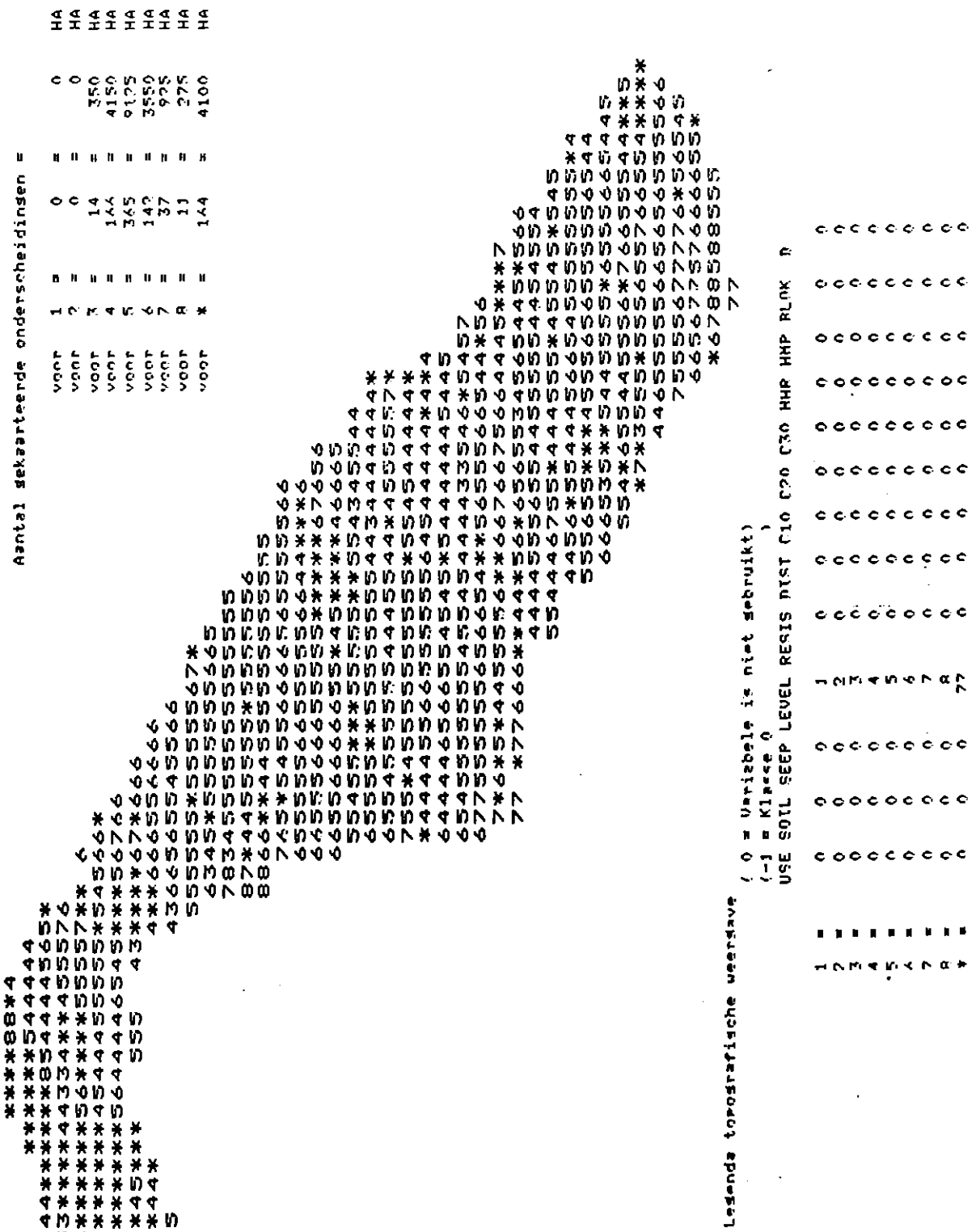
Grafische weergave van de kansverdeling welke is berekend in bijlage 8 Wateraanvoerbehoefte van de Hoekse Waard



ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

Bijlage 10.

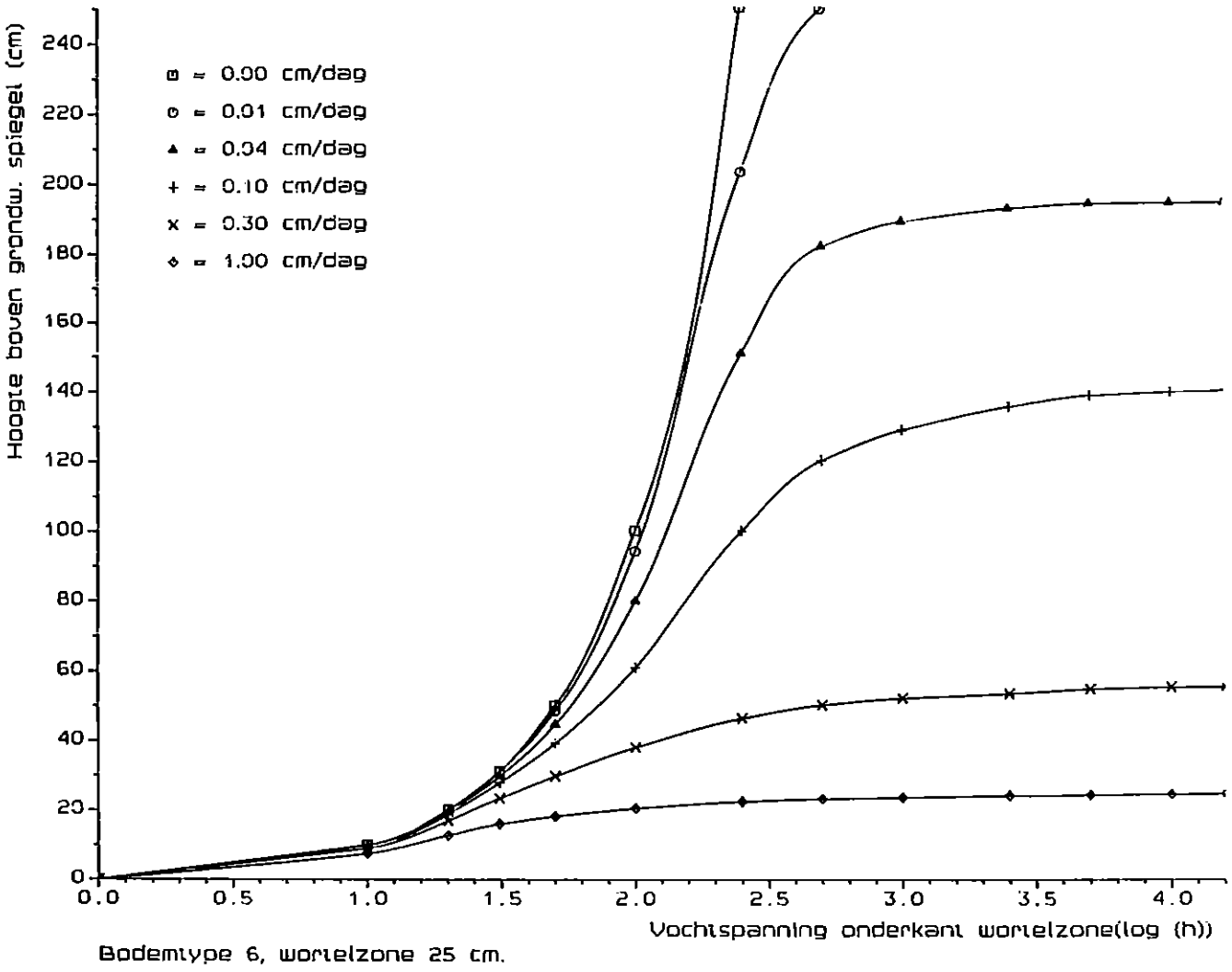
Printerplot van de polderpeilen in het studiegebied Goeree-Overflakkee
(* = code 77, dit is stedelijk gebied)



ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

Bijlage 11.

Grafische weergave van een 'VPOS'-tabel



Bodemtype 6, wortelzone 25 cm.

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

Bijlage 12.

Beschrijving van de subroutines in HYMUST

HYMUST - Hoofdprogramma welke de I/O verzorgt.

H2O - Berekent de wateraanvoerbehoefte voor gebieden met open water.

GLAS - Berekent de wateraanvoerbehoefte voor de glastuinbouw.

MUST - Berekent de wateraanvoerbehoefte voor de overige gebieden

READA - leest en schrijft de bodemfysische gegevens van de wortelzone en de ondergrond. Berekent de curve's van het verzadigingstekort voor de wortelzone. Schrijft de curve's van het verzadigingstekort naar file.

CURVE - Berekent het verzadigingstekort voor de ondergrond en de parameters A en B in vergelijking 2.21.

INIT - Initialiseert reeksen en berekent de initiële vochtdistributie.

ETACT - Berekent de actuele evapotranspiratie.

HYSTER - Berekent de curve voor het verzadigingstekort van de wortelzone bij hysteresis.

IRR - Bekijkt of er beregening dient plaats te vinden in een decade.

UNSAT1 - Berekent de redistributie van bodemwater in de wortelzone en de ondergrond bij een situatie van neerslagoverschot na een periode met capillaire opstijging. Berekent de flux door de bovenrand van het percolatieprofiel.

UNSAT2 - Berekent de 'upper' en 'lower boundary solution'.

UPPERB - Berekent de flux door het maaiveld via een iteratieve oplossing van de modules voor evapotranspiratie en onverzadigde stroming.

LOWERB - Berekent de flux door de onderrand via een iteratieve procedure.

WRITA - Printen van gegevens en berekening van de waterbalans.

QWAC - Berekent de flux naar het open watersysteem en de kwel of wegzijging.

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

Bijlage 13.

LIJST VAN PROGRAMMAVARIABELEN

VARIAB.	BESCHRIJVING	DIMENSIE	WISK. NOTATIE
AB	parameters in doorlatendheids-relatie (verg. 2.21)		
AGIRR	maximum bruto beregeningsgift	cm	
BBLOK	beginblok		
BJAAR	beginjaar		
BLOK,IBLOK	bloknummer		
C(11,14)	hydraulische doorlatendheidsrelaties	$cm.d^{-1}$	K
CDFIRR	kritieke waarde voor het verschil tussen potentiële en actuele evapotranspiratie	cm	
CDTIRR	minimum interval tussen twee beregeningsgiften	d	
CONC	code chlorideconcentratie		
COR	logische variabele voor wel of geen peilcorrectie		
CPFIRR	kritieke pF-waarde onderkant wortelzone om beregening te starten		
DAYN	nummer van de dag in het jaar		
DIST	code slootafstand		
DT	lengte tijdstap	d	t
EBLOK	eindblok		
EJAAR	eindjaar		
EACT	actuele evapotranspiratie	$cm.d^{-1}$	E
ETIP	potentiële evapotranspiratie	$cm.d^{-1}$	E_p
Eo	open waterverdamping	$mm.dec^{-1}$	E_o
F	gewasfactor		
FKWEL	kwel	$mm.d^{-1}$	
FLEVEL	polderpeil	cm-mv	
FRESIS	infiltratieweerstand	dagen	
FSEEP	kwel	$mm.d^{-1}$	
FSEEP10	kwel	$mm.dec^{-1}$	
GIRR	actuele beregeningsgift	cm	
H	globale straling	$J.cm^{-2}.dec^{-1}$	S
IGEWAS	gewasindex		
INF	logische variabele voor wel of geen infiltratie		
ISCHEUR	code bodemtype waarbij scheurvorming optreedt		
JC	jaar		
KODEBER	code voor beregening		
KODEPEIL	code voor peilcorrectie		
LEVEL	code polderpeil		
LS	grootste waarde in P-array		
N	lopend nummer van de tijdstap		
NEERSLAG	neerslag	$mm.dec^{-1}$	
NPER	aantal door te rekenen periode's		
NSER	aantal door te rekenen series blokken		

ICW-nota 1842
Team Integraal Waterbeheer
Alterra-WageningenUR

Bijlage 13. Vervolg

LIJST VAN PROGRAMMAVARIABELEN

VARIAB.	BESCHRIJVING	DIMENSIE	WISK. NOTATIE
P(14)	standaard serie van waterdrukken (positief)	mbar	p
PF(14)	logaritme van P-waarden		
PFA	parameter in de relatie voor de berekening van de actuele evapotranpiratie (zie fig. 2.3)		
PFB	maximum waarde in de wortelzone (zie fig. 2.3)		
PFPRS	logaritme van waterdruk onderkant wortelzone		
PRN	absolute waterdruk onderkant wortelzone	mbar	$\lvert p \rvert$
PRS	waterdruk onderkant wortelzone	mbar	p_{rs}
QBAR(18)	standaard serie van capillaire fluxen	$cm.d^{-1}$	q_z
QP	flux door bovenrand percolatieprofiel	$cm.d^{-1}$	q_p
QRSN	flux door onderkant wortelzone	$cm.d^{-1}$	q_{rs}
QS	flux door bodemoppervlak	$cm.d^{-1}$	q_s
QSEST	geschatte flux door bodemoppervlak	$cm.d^{-1}$	
QW	flux door onderrand	$cm.d^{-1}$	q_w
RAIN	neerslag	$cm.d^{-1}$	P
RESIS	code infiltratieweerstand		
ROOTCM	onderkant wortelzone	cm-mv	
SCH	logische variabele voor wel of geen scheurvorming		
SEEP	code kwel		
SOIL,ISOIL	code bodemtype		
SP	verzadigingsdeficiet percolatieprofiel	cm	S_p
SR	verzadigingsdeficiet wortelzone	cm	S_r
SS(10,18,14)	tabel voor verzadigingsdeficiet ondergrond	cm	S_s
STORC	bergingscoëfffficiënt		μ
STORCM	minimale bergingscoëfficiënt		
SU	verzadigingsdeficiet gehele onverzadigde zone	cm	S_u
TH(11,14)	tabel voor bodemwaterretentiekarakteristiek		
USE,IUSEB	code bodemgebruik		
W	grondwaterstandsdiepte	cm-maaiveld	H
WN	initiële grondwaterstandsdiepte	cm-maaiveld	
WP	initieel niveau bovenkant percolatieprofiel	cm-onderkant wortelzone	
X	wateraanvoerbehoefte op basis van 1000 ha.	$m^3.s^{-1}$	
XAREA	beschouwd oppervlakte (=1000 ha)		
ZR(10,18,14)	tabel van grondwaterstandsdieptes	cm-onderkant	z_{rs}
ZRS	grondwaterstandsdiepte voor de 'upper boundary solution'	cm-onderkant wortelzone	z_{rs}