

Resultaten van veldwaarnemingen en berekeningen voor
de golfbaan Martensplek in Tiendeveen ter bepaling van
de opgelopen waterschade in het najaar van 1998.

Ir. J.G. Wesseling, Ing. K. Oostindie, Dr. L. W. Dekker
en Prof. Dr. C.J. Ritsema

7 maart 2005



Alterra Rapport 2005/03 (Speciale uitgave)



Resultaten van veldwaarnemingen en berekeningen voor de golfbaan Martensplek in Tiendeveen ter bepaling van de opgelopen waterschade in het najaar van 1998.

REFERAAT

Wesseling J.G., K. Oostindie, L.W. Dekker en C.J. Ritsema, 2005. Resultaten van veldwaarnemingen en berekeningen voor de golfbaan Martensplek in Tiendeveen ter bepaling van de opgelopen waterschade in het najaar van 1998. Wageningen, Alterra, Alterra Rapport 2005/03 (Speciale uitgave). 35 blz.; 17 fig.; 9 tab.; 5 ref.

Er zijn waarnemingen en berekeningen gedaan voor de golfbaan Martensplek in Tiendeveen. Daar heeft in oktober 1998 de golfbaan onder water gestaan na een hevige regenval. De bedoeling van dit onderzoek is om een indruk te geven van het aantal dagen dat de wateroverlast heeft geduurd. Hiertoe wordt het numerieke model Swap ingezet. De resultaten tonen aan dat de golfbaan 18-21 dagen onder water heeft gestaan.

Trefwoorden: golbanen, wateroverlast, Swap, berekeningen.

ISSN 1574-8227

Alterra 2005

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

[Alterra-Document 2005/03]

Inhoudsopgave

1	Inleiding	7
2	Veldwaarnemingen	9
3	Opzet van de berekeningen	13
3.1	Swap	13
3.2	Tijd	15
3.3	Initiële conditie	15
3.4	Meteo	15
3.4.1	1995.	15
3.4.2	1996.	15
3.4.3	1997.	15
3.4.4	1998.	17
3.4.5	1999.	17
3.4.6	2000.	17
3.4.7	Samengevat.	19
3.5	Bodem	20
3.6	Onderrandvoorwaarde	20
3.7	Drainage	21
3.8	Berekening	23
3.9	Gewas	23
4	Beperkingen	25
5	Resultaten.	27
5.1	Grondwaterstand.	27
5.2	Berekening.	27
5.3	Drainage.	28
5.4	Oppervlakteberging.	29
6	Gewasschade	31
7	Conclusies	33
8	Referenties	35

Lijst van figuren

1	De plaatsen waar monsters zijn genomen.	9
2	Louis Dekker aan het bemonsteren.	9
3	Schematisch overzicht van het modelsysteem zoals het gesimuleerd wordt met Swap.	13
4	De (cumulatieve) neerslag en verdamping van meteostation Hoogeveen voor 1995.	16
5	De (cumulatieve) neerslag en verdamping van meteostation Hoogeveen voor 1996.	16
6	De (cumulatieve) neerslag en verdamping van meteostation Hoogeveen voor 1997.	17
7	De (cumulatieve) neerslag en verdamping van meteostation Hoogeveen voor 1998.	18
8	De (cumulatieve) neerslag en verdamping van meteostation Hoogeveen voor 1999.	18
9	De (cumulatieve) neerslag en verdamping van meteostation Hoogeveen voor 2000.	19
10	De pF-curves voor de geteste bodems.	20
11	De K(h)-relaties voor de geteste bodems.	21
12	De ontwateringsgreppels op het golfterrein.	22
13	De toegepaste drainagekarakteristiek.	22
14	De toegepaste correctie voor wateropname door de graswortels. . .	23
15	Het verloop van de grondwaterstand in de tijd.	27
16	De cumulatieve drainage/infiltratie.	28
17	Het verloop van de oppervlakteberging tijdens en na de buien van 22 oktober 1998.	29

Lijst van tabellen

1	Resultaten van boring 1.	10
2	Resultaten van boring 2.	10
3	Resultaten van boring 3.	10
4	Resultaten van boring 4.	10
5	Resultaten van boring 5.	11
6	Resultaten van boring 6.	11
7	Neerslag en verdamping in Hoogeveen gedurende de jaren 1995 t/m 2000.	19
8	De Van Genuchten parameters voor de geteste bodems.	20
9	De hoeveelheid water (mm) gegeven als berekening per jaar voor de verschillende bodems.	28

1 Inleiding

In opdracht van Marieke Geerts Heller, eigenaresse van de golfbaan Martensplek in Tiendeveen (Drenthe) zijn er een aantal berekeningen uitgevoerd om de effecten van de hevige regenbuien van oktober 1998 te evalueren. Om een inzicht te krijgen in de locale situatie is er eerst op de golfbaan zelf gekeken. Hier zijn een aantal bodemonsters gestoken om een indruk te krijgen van de textuur en de diepte van de ondoorlatende laag. Vervolgens is aan de hand van deze kennis de invoer van het gebruikte numerieke model klaargemaakt en zijn een aantal berekeningen gedaan. De conclusies van deze berekeningen worden in dit rapport gepresenteerd. Op basis van deze berekeningen kan een onafhankelijke uitspraak gedaan worden met betrekking tot de geleden schade op de golfbaan in het najaar van 1998.

2 Veldwaarnemingen

Op 8 februari 2005 zijn Ing. Klaas Oostindie en Dr. Louis Dekker naar Tien-deveen gegaan om de golfbaan te bekijken. Zij hebben zich daar een goed beeld gevormd van de situatie ter plaatse en hebben op 6 plaatsen boringen uitgevoerd om een indruk te krijgen van de profielopbouw van de golfbaan. De locaties van de boringen zijn aangegeven met nummers 1 t/m 6 in Figuur 1.



Figuur 1: De plaatsen waar monsters zijn genomen.



Figuur 2: Louis Dekker aan het bemonsteren.

De resultaten van deze boringen zijn weergegeven in Tabel 1 t/m Tabel 6.

Tabel 1: Resultaten van boring 1.

Diepte (cm)	Beschrijving
0-80	Humeus zand (6-8 % organische stof)
80-100	Humeus zand + geel zand
100-145	Zwart podzol zand
145- 200	Keileem met zandlenzen

Tabel 2: Resultaten van boring 2.

Diepte (cm)	Beschrijving
0-40	Humeus zand (4 % organische stof)
40-70	Lemig zand
75-85	Humeus podzol zand
85-100	Geel zand
100-110	Geel zand + humeus zand
110-165	Geel zand
165- 200	Keileem

Tabel 3: Resultaten van boring 3.

Diepte (cm)	Beschrijving
0-30	Humeus zand (5 % organische stof)
30-70	Podzol B-horizont (5%)
70-80	Donker bruin zand
80-90	Geel-bruin zand
90-105	Geel zand
105- 200	Keileem

Tabel 4: Resultaten van boring 4.

Diepte (cm)	Beschrijving
0-35	Humeus zand
35-120	Geel zand / wit Peelo zand
120- 200	Keileem

Tabel 5: Resultaten van boring 5.

Diepte (cm)	Beschrijving
0-40	Humeus zand
40-160	Rommelig humeus zand
160- 200	Keileem met zandlenzen

Tabel 6: Resultaten van boring 6.

Diepte (cm)	Beschrijving
0-50	Humeus zand (5 % organische stof)
50-95	Humeus zand (3 % organische stof)
95-115	Humeus zand + Keileem
115- 200	Keileem

Op grond van bovenstaande boringen kan het profiel worden beschreven als humeus zand (ca. 120 cm) op keileem.

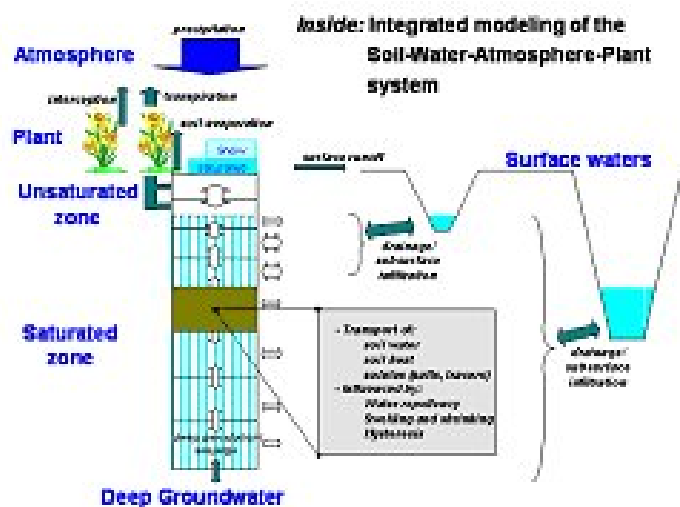
3 Opzet van de berekeningen

In dit hoofdstuk wordt de opzet van de uitgevoerde berekeningen beschreven. Allereerst zal heel kort op het gebruikte model worden ingegaan. Vervolgens zullen de gebruikte randvoorwaarden en andere aannames voor de simulaties worden besproken.

3.1 Swap ¹

Een nauwkeurige beschrijving van het gedrag van bodemvocht in het onverzadigde deel van de bodem is essentieel om een goede fysische onderbouwing te kunnen geven van evenwichtige maatregelen op het terrein van waterbeheer, gewasgroei en milieubescherming in natuurlijke en landbouwkundige systemen. Een wiskundig model dat het gedrag van bodemvocht beschrijft is het model SWAP (Soil-Water-Atmosphere-Plant).

SWAP is een computer model dat transport van water, stoffen and warmte in het onverzadigd/verzadigde bovenste deel van de bodem simuleert. Zie Figuur 3. Het model is ontwikkeld voor processen op veldschaal gedurende één of meerdere



Figuur 3: Schematisch overzicht van het modelsysteem zoals het gesimuleerd wordt met Swap.

groeiseizoenen. De systeemgrens wordt aan de bovenrand gevormd door het maaiveld met of zonder gewas en bijbehorende klimatologische condities. De zijrand van het systeem kan worden gebruikt om de interactie met oppervlaktewatersystemen te

¹Met dank aan Joop Kroes, MSc.

beschrijven. De onderrand bevindt zich in de onverzadigde zone of het bovenste deel van de verzadigde zone en wordt gebruikt om de interactie met een regionaal grondwater systeem te beschrijven.

Het model lost de Richards' vergelijking voor waterstroming op. Deze niet-lineaire vergelijking wordt numeriek opgelost met speciale aandacht voor de bovenrandvoorwaarde waardoor snelle en grote veranderingen in veldsituaties kunnen worden beschreven. Fysische en empirische methodes worden gebruikt om de actuele bodemverdamping te berekenen. De benodigde bodemfysische relaties worden beschreven met het analytische functies van Mualem en Van Genuchten. Potentiële verdamping wordt berekend met de Penman-Monteith vergelijking. Het model biedt ook de mogelijkheid om referentie gewasverdamping rechtstreeks in te voeren. Interceptie van landbouwkundige gewassen en bos zijn processen die apart kunnen worden gemodelleerd.

De interactie tussen grondwater en oppervlaktewater kan worden beschreven via meerdere stromen: oppervlakkige stroming (runoff, run-on en inundatie) en grondwaterstroming van/naar drainage systemen (drainage of infiltration). Run-on en runoff opties maken het mogelijk berekeningen uit te voeren voor een hellend gebied. Drainage en infiltratie kan worden uitgerekend met diverse relaties voor de interactie tussen grondwater en oppervlaktewater (functies, tabellen, analytische vergelijkingen van Hooghoudt en Ernst). Voor analyses van regionaal water beheer is het mogelijk om de interactie tussen grondwater en oppervlaktewater te beschrijven met een eenvoudig oppervlaktewatersysteem. Het model wordt tevens gebruikt als instrument om de waterhuishouding te bepalen t.b.v. stoftransportstudies. In dat geval kunnen oppervlaktewatersystemen worden onderscheiden waarmee interflow en drainage worden gemodelleerd met bijbehorende verschillende verblijftijden.

De interactie tussen grondwater en regionale (horizontale) grondwater-stroming kan worden beschreven met tijdsafhankelijke drukhoogtes, waterfluxen of een combinatie van beide. De heterogeniteit van een aantal bodemeigenschappen kan worden beschreven: i) hysteresis van de bodemfysische retentie-functies, ii) ruimtelijke variabiliteit van hydraulische functies, iii) preferente stroming in waterafstotende gronden, iv) versneld transport via scheurvorming in m.n. kleigronden.

SWAP bevat een eenvoudige en een complexe beschrijving van gewasgroei. In de eenvoudige gewasgroei-module wordt de gewasontwikkeling als functie van de tijd en diepte voorgeschreven via leaf area index (of gewasbedekkingsgraad, gewashoogte en bewortelingsdiepte. De gedetailleerde gewasgroei-module is gebaseerd op het gewasgroeimodel WOFOST. Het gemodelleerde stoftransport beschrijft de processen convectorie, diffusie, dispersie, niet-lineaire adsorptie, eerste orde afbraak en gewasopname. Hiermee kan het gedrag van zout en van eenvoudige pesticiden worden beschreven. Het gedrag van zout wordt beschreven met inbegrip van het effect van zout stress op gewasgroei.

De theorie van de gesimuleerde processen is beschreven door Kroes e.a. (2000). Een gebruikershandleiding is geschreven door Kroes en Van Dam (2003). Infor-

matie over het SWAP model is beschikbaar op internet: www.swap.alterra.nl, waar ook een uitgebreide lijst met toepassingen te vinden is.

3.2 Tijd

De vraag was om het effect van de regenbuien in oktober 1998 te analyseren. Om de invloed van een verkeerd gekozen initiële conditie te voorkomen is ervoor gekozen om een aantal jaren voor en na de interessante periode mee te nemen: derhalve zijn de berekeningen uitgevoerd voor de jaren 1995 t/m 2000.

3.3 Initiële conditie

Er is aangenomen dat op 1 januari 1995 (de begindatum van de simulaties) de grondwaterstand op -100 cm (1 m beneden maaiveld) zit en dat het drukhoogteprofiel hiermee in hydrostatisch evenwicht is.

3.4 Meteo

Om te weten hoeveel water er door de bovenrand van het profiel stroomt zijn de neerslag- en verdampingswaarden nodig. Deze hoeveelheden worden op veel plaatsen in Nederland gemeten. Voor deze simulaties zijn de gegevens van het station Hoogeveen gebruikt. De gesommeerde dagcijfers zijn grafisch weergegeven in de Figuren 4 t/m 9. In de volgende paragrafen zal er een korte beschrijving van elk jaar worden gegeven.

3.4.1 1995.

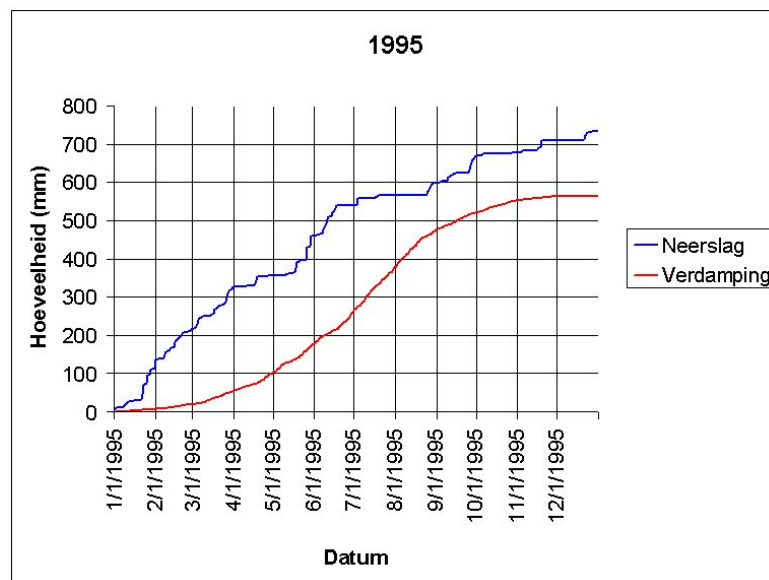
1995 heeft een nat voorjaar gekend (Zie Fig. 4). April en de eerste helft van mei waren droog. Vervolgens is het gaan regenen, waarna juli en augustus weer natte maanden waren. De laatste drie maanden van 1995 lijken net voldoende neerslag op te leveren om de verdamping te compenseren. In dit jaar was het neerslagoverschot (=neerslag - verdamping) 168 mm.

3.4.2 1996.

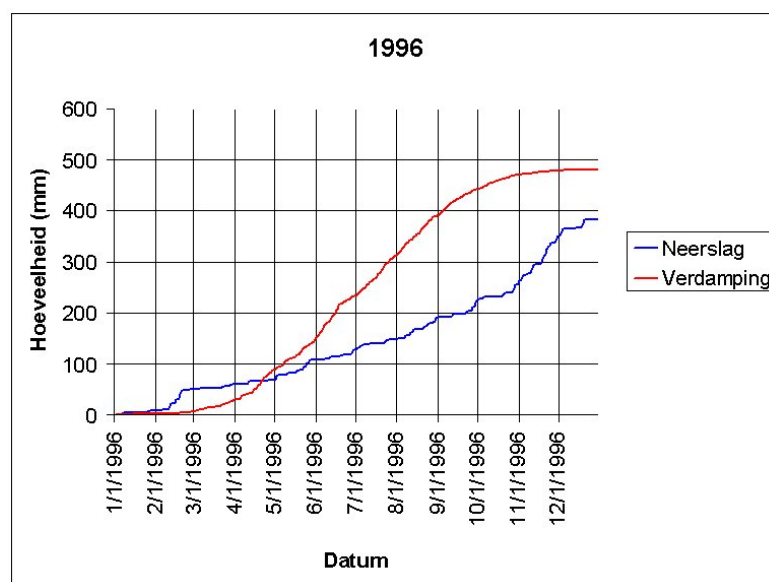
Hydrologisch gezien is 1996 een droog jaar geweest. Vooral de maanden januari, maart, april, september en de eerste helft van oktober hebben vrijwel geen neerslag gekend. De echte grote neerslaghoeveelheden zijn pas eind oktober gevallen. Er is 97 mm meer verdampt dan er is gevallen. Zie Fig. 5.

3.4.3 1997.

Ook 1997 is heel droog begonnen (zie Fig. 6). Februari en maart leveren wat neerslag, maar april is weer zeer droog. In augustus, september en oktober waren

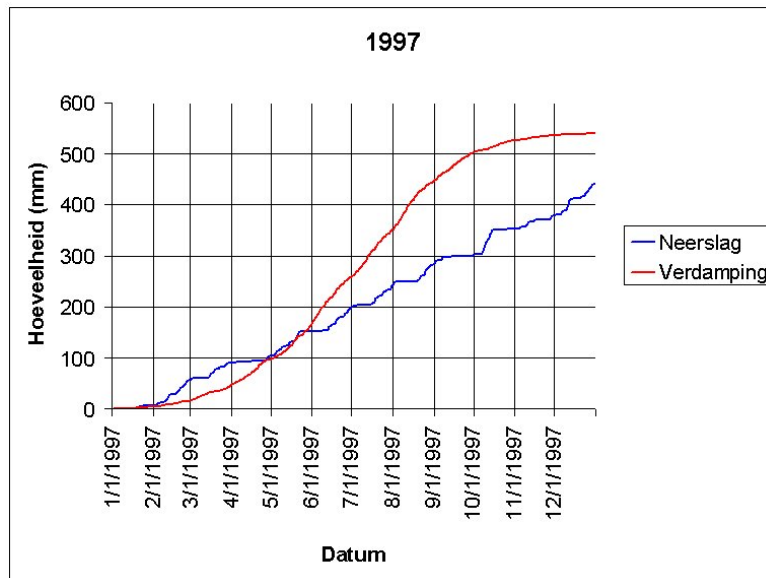


Figuur 4: De (cumulatieve) neerslag en verdamping van meteostation Hoogeveen voor 1995.



Figuur 5: De (cumulatieve) neerslag en verdamping van meteostation Hoogeveen voor 1996.

vrij lange periodes zonder neerslag. Vooral oktober is buitengewoon droog geweest. Ook dit jaar levert een neerslagtekort van 97 mm.



Figuur 6: De (cumulatieve) neerslag en verdamping van meteostation Hoogeveen voor 1997.

3.4.4 1998.

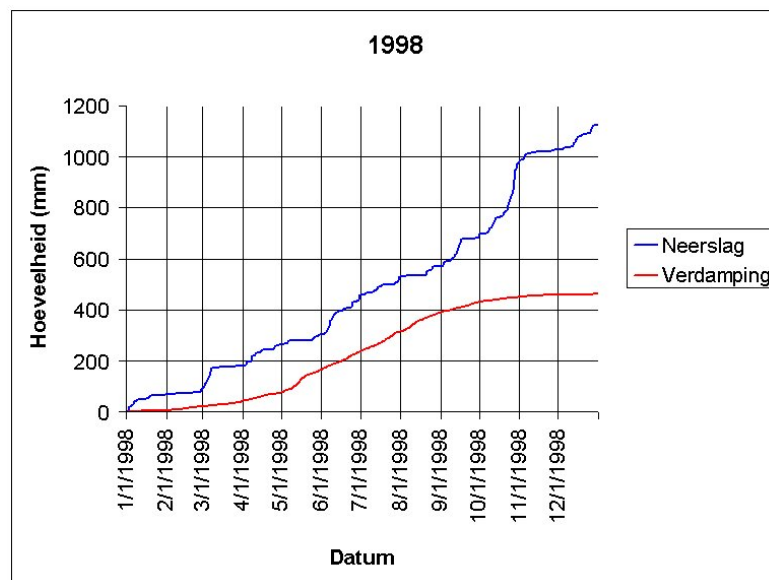
Uit Fig. 7 blijkt dat 1998 een extreem nat jaar was. De laatste helft van januari, de maand februari en de laatste helft van maart laten wat droge periodes zien. In mei, augustus en september zien we hier en daar een droge week. Oktober laat een enorme neerslaghoeveelheid zien (de reden van dit onderzoek). November daarentegen was weer een droge maand. Het neerslagoverschot was dit jaar 660 mm.

3.4.5 1999.

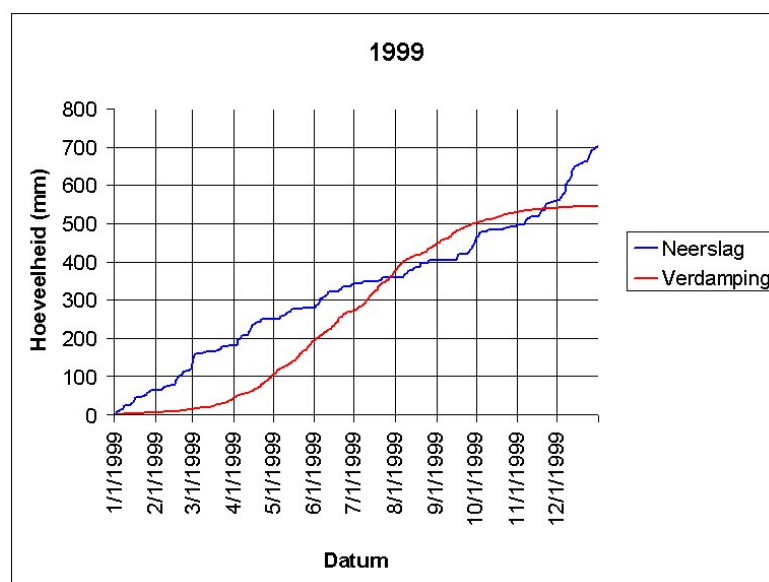
De eerste maanden van 1999 heeft het regelmatig geregend (Fig. 8). Begin maart is er een grote hoeveelheid gevallen, evenals de tweede week van april. In juli is dan pas de eerste echte droge periode. Ook september en oktober kennen droge periodes. In 1999 was er een neerslagoverschot van 156 mm.

3.4.6 2000.

De neerslaglijn in 2000 (zie Fig. 9) loopt vrijwel recht. Dat impliceert dat er geen extreme hoeveelheden neerslag zijn gevallen, maar dat er ook geen lange periodes

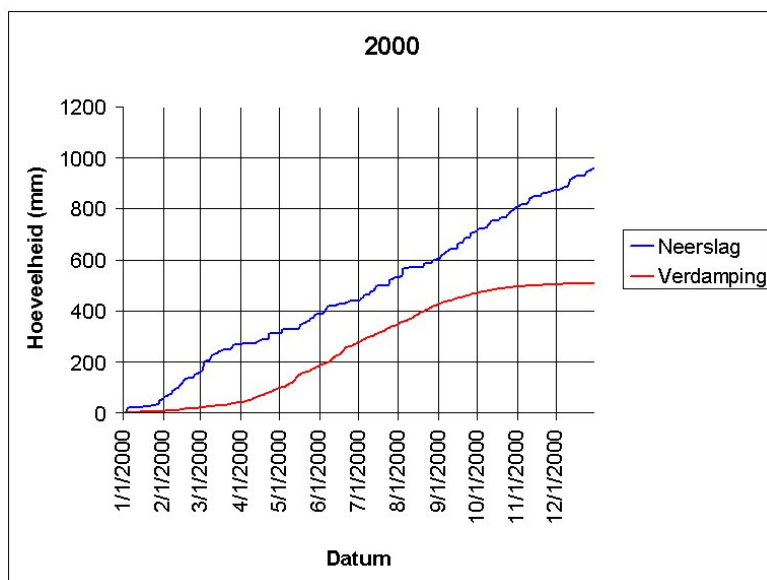


Figuur 7: De (cumulatieve) neerslag en verdamping van meteostation Hoogeveen voor 1998.



Figuur 8: De (cumulatieve) neerslag en verdamping van meteostation Hoogeveen voor 1999.

van droogte zijn geweest. Desondanks is er een neerslagoverschot van 454 mm. Het is een nat en somber jaar geweest.



Figuur 9: De (cumulatieve) neerslag en verdamping van meteostation Hoogeveen voor 2000.

3.4.7 Samengevat.

Samengevat kunnen we zeggen dat de periode 1995-2000 zowel droge als natte jaren heeft gekend, met als natte uitschieter natuurlijk 1998. De jaarcijfers van het meteostation Hoogeveen zijn nog eens samengevat in Tabel 7.

Tabel 7: Neerslag en verdamping in Hoogeveen gedurende de jaren 1995 t/m 2000.

Jaar	Neerslag (mm)	Verdamping (mm)	Neerslagoverschot (mm)
1995	731	563	168
1996	383	480	-97
1997	443	540	-97
1998	1121	461	660
1999	701	545	156
2000	960	506	454

Uit deze tabel blijkt dat de verdamping ook varieert per jaar. Deze variatie is echter aanzienlijk minder dan die van de neerslag.

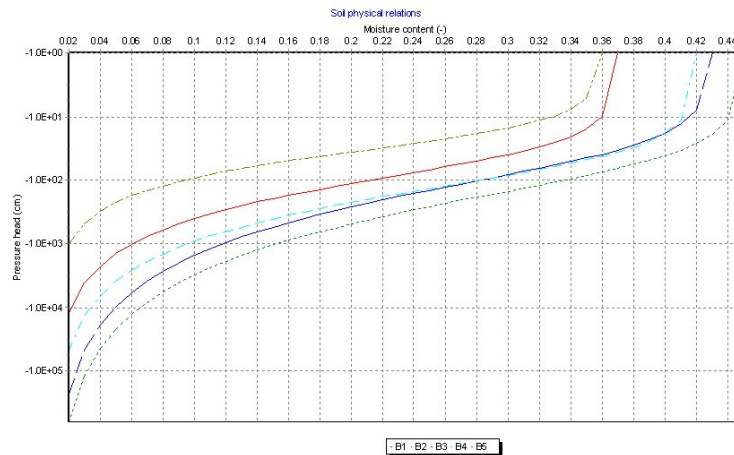
3.5 Bodem

Volgens de bodemkaart (Stiboka, 1978) heeft de golfbaan een Hd21 bodem. Dit is een bodem die bestaat uit leemarm en zwak lemig fijn zand met een keileemlaag eronder. Er wordt hier echter uitgegaan van de gestoken bodemonsters. Om een indicatie te krijgen van de gevoeligheid van het gekozen bodemtype op de uitkomsten van de berekeningen is ervoor gekozen om alle zand-bovengronden (B1 t/m B5, Wösten, 1987; Wösten et al., 2001) door te rekenen. Bodemfysische relaties, zoals o.a. de onverzadigde doorlatendheid, worden beschreven met de zogenaamde Van Genuchten parameters. Die zijn in Tabel 8 gegeven voor de beschouwde bodems.

Tabel 8: De Van Genuchten parameters voor de geteste bodems.

Bouwsteen	Bodem	θ_r $cm^3 cm^{-3}$	θ_s $cm^3 cm^{-3}$	α cm^{-1}	n	K_{sat} $cm \cdot d^{-1}$	l
B1	leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand	0.01	0.37	0.0208	1.646	33.34	0.571
B2	zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	0.01	0.43	0.0224	1.436	32.21	-0.304
B3	sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	0.01	0.45	0.0152	1.412	17.81	-0.213
B4	zeer sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	0.01	0.42	0.0163	1.559	54.80	0.177
B5	grof zand	0.01	0.36	0.0452	1.933	52.91	-1.747

De aldus beschreven relaties zijn grafisch weergegeven in de Figuren 10 en 11.

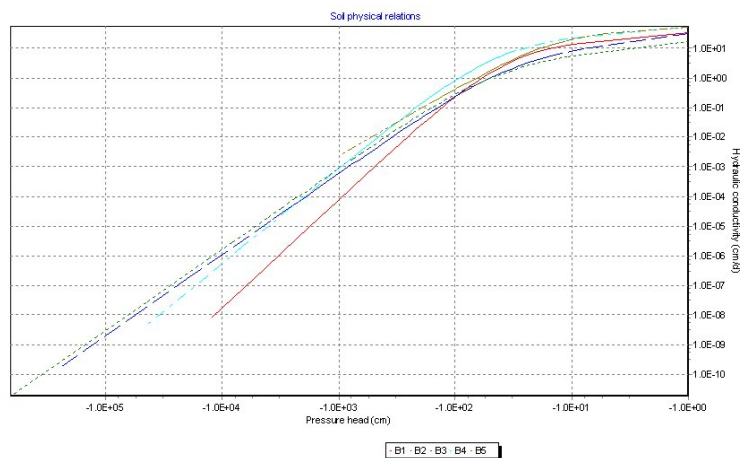


Figuur 10: De pF-curves voor de geteste bodems.

Bij de simulaties is uitgegaan van een homogeen bodemprofiel van 120 cm dik.

3.6 Onderrandvoorwaarde

Om de waterbalans van het bodemprofiel en het verloop van de grondwaterstand in de tijd te kunnen berekenen is het noodzakelijk te weten hoeveel water er



Figuur 11: De $K(h)$ -relaties voor de geteste bodems.

wegstroomt (wegzijging) of wordt aangevoerd (kwel) door de onderrand van het profiel. Op alle 6 bemonsterde plaatsen is in de ondergrond keileem aangetroffen. Keileem is in het algemeen zeer ondoorlatend en in de navolgende modelsimulaties is dan ook aangenomen dat de onderandvoorwaarde voor de simulaties een flux van 0 is op 120 cm diepte.

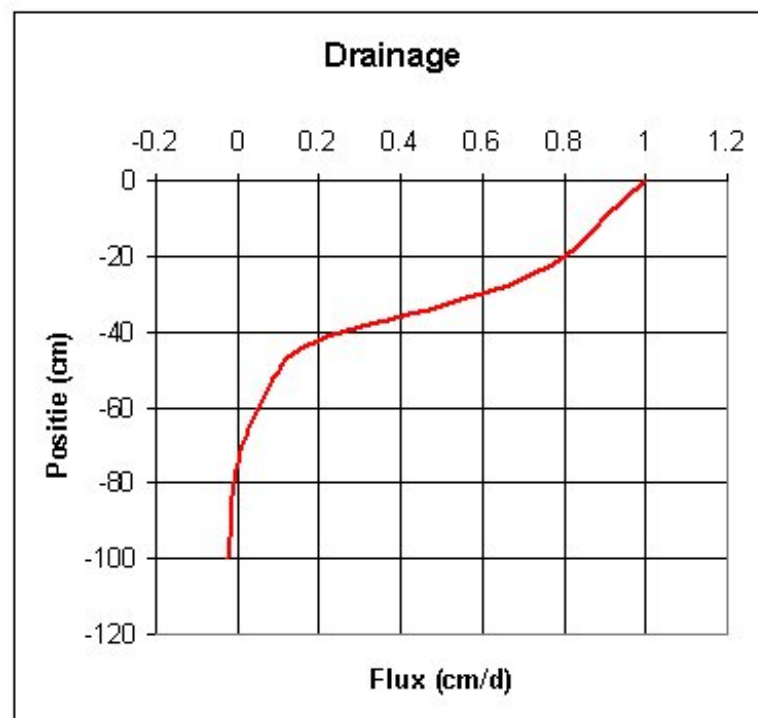
3.7 Drainage

Tijdens het bekijken van het golfterrein is bleek dat er een drainagesysteem is aangelegd. Ook lopen er greppeltjes van ca. 45 cm diep door het terrein (zie Fig. 12).

Er ligt tevens een vijver waarop het golfterrein kan ontwateren. Het waterpeil in de vijver lag gemiddeld 60-90 cm dieper dan het maaiveld van de golfbanen. Daarom is voor de simulaties uitgegaan van twee ontwateringsmiddelen, een op 75 cm en een op 45 cm beneden maaiveld. Er is aangenomen dat het waterpeil in de ontwateringsmiddelen niet varieert in de tijd. Daarom is ook infiltratie vanuit de vijvers naar het grondwater mogelijk. Dit leidt tot een ontwateringskarakteristiek zoals weergegeven in Fig. 13. Op de y-as staat de positie van het grondwater ten opzichte van maaiveld. Op de x-as staat de flux naar of van de drains. Uit de figuur blijkt dat als de grondwaterstand op -75 cm zit, er geen ontwatering of infiltratie plaatsvindt. Het grondwaterpeil staat dan immers gelijk aan het peil in de vijver. Als het grondwater verder zakt, zal er wat water van de vijver het bodemprofiel instromen. Als het grondwater stijgt zal er water uit het profiel naar de vijver stromen. Komt het grondwater boven de -45 cm, dan zal ook water naar de greppels stromen. Daarom neemt de hoeveelheid drainage boven -45 cm sterker toe dan eronder. Als het grondwater aan maaiveld staat zal er 1 cm/d naar de



Figuur 12: De ontwateringsgreppels op het golfterrein.



Figuur 13: De toegepaste drainagekarateristiek.

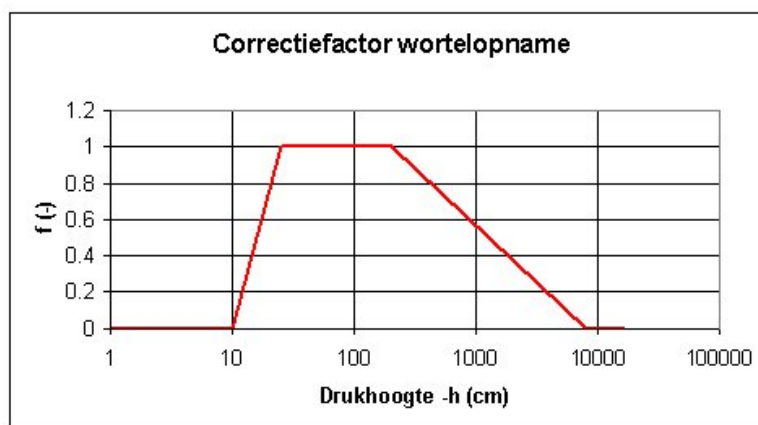
ontwateringsmiddelen stromen.

3.8 Berekening

In het algemeen worden golfbanen zeer frequent berekend. Uit de vele opties voor berekening die Swap kent is degene gekozen die gebruik maakt van de drukhoogte in het profiel. Als de drukhoogte op 7 cm beneden maaiveld lager (= meer negatief = droger) wordt dan -150 cm, zal er de daarop volgende dag berekend worden met een gift van 5 mm.

3.9 Gewas

Aangezien mag worden verondersteld dat er zeer regelmatig gemaaid wordt is de grashoogte vastgezet op 0.5 cm. Er is verder aangenomen dat de bewortelingsdiepte van het gras 20 cm is. Deze wortels nemen het water uit de bodem op dat nodig is voor de verdamping van het gras. Als de bodem te droog wordt kunnen de wortels echter niet meer al het benodigde water opnemen. Ook als de bodem te nat is krijgt gras problemen met de opname van water. In dit geval zit er te weinig zuurstof in de bodem om de wateropname goed te laten verlopen. Om deze verschijnselen te kunnen simuleren zit er in Swap een correctiefactor voor de wateropname die afhankelijk is van de drukhoogte. Deze relatie is gegeven in Fig. 14. Aan de natte kant houdt dit in dat het gras geen water opneemt (en dus schade



Figuur 14: De toegepaste correctie voor wateropname door de graswortels.

ondervindt) als de drukhoogte groter is dan -10 cm. Van -10 tot -25 cm loopt de correctiefactor lineair op van 0 naar 1. Tussen -25 en -200 cm transpireert het gras optimaal. Als het droger wordt dan -200 cm zal de transpiratie weer afnemen tot 0 bij -8000 cm. Deze correcties worden door het model dynamisch toegepast voor iedere beschouwde diepte.

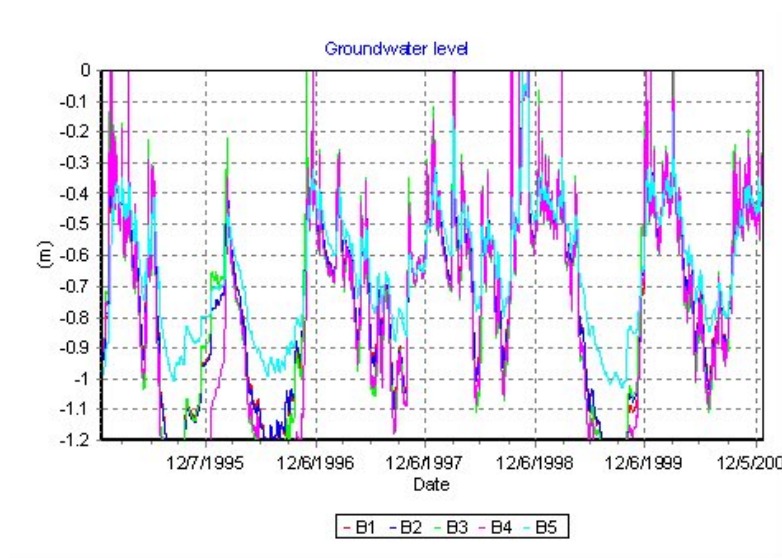
4 Beperkingen

- Er is bij de hier beschreven simulaties geen rekening gehouden met het reliëf in de golfbaan. Daar Swap een punt-model is, wordt er slechts voor een punt gerekend. Op de lage plekken zal de op het veld staande hoeveelheid water groter zijn geweest.
- Er is gerekend met een homogeen profiel van 120 cm dikte. Uit de monsters bleek dat er tussen de verschillende lokaties toch (geringe) verschillen in textuur waren. Om deze verschillen in de berekeningen te betrekken zouden de monsters in een laboratorium geanalyseerd moeten worden. Mede gezien het beperkte budget en de korte termijn is besloten dit niet te doen.
- In werkelijkheid zal het peil in de vijvers en greppels ook variëren in de tijd. Om deze variaties te kunnen bepalen is een veel uitgebreidere studie nodig.

5 Resultaten.

Er zijn berekeningen uitgevoerd voor de 5 eerder beschreven (homogene) bodemprofielen en voor de jaren 1995 t/m 2000. In dit hoofdstuk zullen in het kort de resultaten van deze berekeningen worden besproken aan de hand van een aantal beschouwde uitvoergegevens: grondwaterstandsverloop, irrigatiebehoefte en drainage. Als laatste zal de oppervlakteberging (engels: ponding) in de periode vanaf 27 oktober 1998 worden bekeken.

5.1 Grondwaterstand.



Figuur 15: Het verloop van de grondwaterstand in de tijd.

Uit Figuur 15 blijkt dat de grondwaterstand fluctueert tussen 0 en 120 cm beneden maaiveld. De grondwaterstand in profiel B4 het hevigst fluctueert. Hij zit regelmatig aan maaiveld en gedurende de zomer zakt hij tot aan de keileem. Bij alle profielen behalve bij B5 zakt de grondwaterstand tot aan de keileem gedurende de zomer ondanks de berekening. Profiel B5 reageert het minst. Bij alle profielen zijn de seizoenschommelingen duidelijk zichtbaar.

5.2 Berekening.

In Tabel 9 wordt de hoeveelheid berekening weergegeven per jaar en per bodemprofiel. Als we ons realiseren dat er per gift 5 mm water wordt gegeven, dan zien we dat er in de beschouwde jaren maximaal 25 maal per jaar (profiel B3 in 1999) hoeft te worden berekend om de minimale drukhoogte in het profiel te onderschrijven.

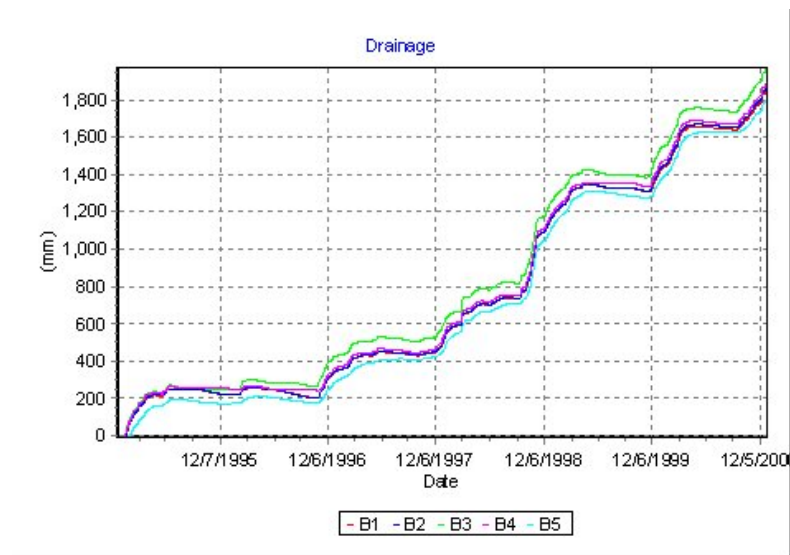
Tabel 9: De hoeveelheid water (mm) gegeven als berekening per jaar voor de verschillende bodems.

Bodem	1995	1996	1997	1998	1999	2000
B1	85	60	0	0	100	0
B2	85	60	0	0	110	0
B3	110	95	5	0	125	0
B4	85	65	0	0	115	0
B5	75	75	5	0	100	0

Uitgaande van de toegepaste 5 mm beregeningsgift blijkt dat er tussen de 0 en 25 dagen per jaar beregend moet worden. Mede dankzij de berekening zit de totale hoeveelheid water die door het gewas is verdampt op 99% van de gewenste (=potentiële) verdamping. De 1% reductie kan worden verklaard uit het tijdsverschil tussen het opmerken van de droogte en het beregenen (max. 1 dag) en door vermindering door natheid.

5.3 Drainage.

De (cumulatieve) afvoer naar en van de greppels en de vijvers is weergegeven in Fig. 16. De lijnen in deze figuur liggen heel dicht bij elkaar. De lijn van profiel B3



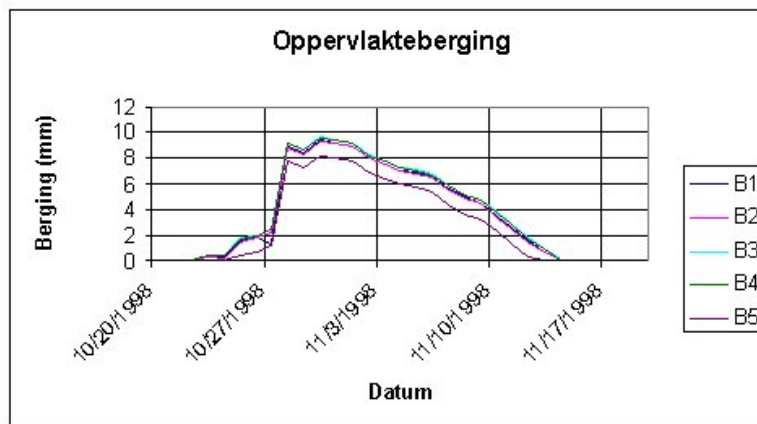
Figuur 16: De cumulatieve drainage/infiltratie.

ligt continu bovenaan, die van profiel B5 ligt onderaan. In de tijd dat de lijn stijgt vindt er afvoer plaats van het grondwater naar de vijver. Gedurende de zomer

kan het gebeuren dat het grondwaterpeil zakt tot beneden dat van de vijver. Dan vindt er infiltratie plaats en zal de lijn in de figuur dalen.

5.4 Oppervlakteberging.

De buien van eind oktober 1998 hebben een grote invloed gehad op de grondwaterstand en de oppervlakkige berging van het profiel. Als we kijken naar het verloop van de berging wordt het duidelijk dat er tussen de verschillende profielen weinig verschil zit. Alleen B5 schiet er een beetje uit: plasvorming treedt later op, is lager en verdwijnt ook weer sneller. De overige profielen hebben 22 dagen plasvorming, B5 maar 18. Een en ander houdt wel in dat het gras gedurende bijna 3 weken achtereen onder water heeft gestaan. Het verloop van de diepte van de plassen in de tijd voor de verschillende bodemprofielen is weergegeven in Fig. 17.



Figuur 17: Het verloop van de oppervlakteberging tijdens en na de buien van 22 oktober 1998.

6 Gewasschade

Volgens de opgave van de eigenaresse van de golfbaan zijn er verschillende grassoorten gebruikt:

- Graszaadmengsels green en foregreens
 - Gewoon struisgras Bardot en Tracenta
 - Gewoon roodzwenkgras Center en roodzwenkgras met fijne uitlopers Barcrown of Dawson
- Graszaadmengel tees
 - Gewoon struisgras Bardot en Highland Bent
 - Gewoon roodzwenkgras Center
 - Roodzwenkgras met fijne uitlopers Barcrown of Dawson
- Graszaadmengsel fairways
 - Gewoon struisgras Highland Bent
 - Gewoon roodzwenkgras Center of Frida
 - Gewoon roodzwenkgras met fijne uitlopers Barcrown of Dawson
- Graszaadmengsel roughs
 - Gewoon roodzwenk Center
 - Roodzwenkgras met fijne uitlopers Barcrown of Dawson

Grasdeskundigen van het PPO Lelystad stellen dat de hierboven genoemde grassoorten zeker schade hebben opgelopen indien de golfbaan inderdaad twee tot drie weken onder water heeft gestaan. Een deel van het gras zal zeker dood zijn. Er kan vanuit worden gegaan dat er talloze kale plekken in de grasmatten zijn gekomen. Verder zal de groene kleur van het gras min of meer zijn verdwenen.

Er zijn o.i. twee mogelijkheden tot herstel: ofwel doorzaaien ofwel geheel opnieuw inzaaien. Beide opties zullen de golfbaan minimaal voor 8 à 10 weken onbespeelbaar maken. De schade voor de baan strekt zich in de tijd dus uit tot een periode van 11 tot 13 weken. Tevens kan er door het aanwezige water verslemping van de toplaag van de golfbaan zijn opgetreden. Dit is waarschijnlijk gebeurd en diensgevolge zullen er ook nog additionele cultuurtechnische ingrepen gedaan moeten worden om de bodemstructuur te herstellen, met alle kosten vandien.

7 Conclusies

- Rekeninghoudend met de hier beschreven aannames en randvoorwaarden blijkt dat de golfbaan Martensplek in Tiendeveen direct na 23 oktober 1998 tussen de 18 en 21 opeenvolgende dagen onder water heeft gestaan.
- Mede gezien de aanwezige grassoorten lijkt het onvermijdelijk dat de golfbaanbeheerder zich genoodzaakt heeft gezien de baan door te zaaien dan wel opnieuw in te zaaien, hierdoor extra werkzaamheden heeft moeten uitvoeren en navenant extra kosten heeft moeten maken. Ook moet worden aangenomen dat cultuurtechnische ingrepen noodzakelijk zijn geweest om de bodemstructuur te herstellen.
- Het is ons inziens niet aan nalatigheid van de golfbaanexploitant te wijten dat dit is gebeurd. De extreme regenval in 1998, met name in de periode van eind oktober, heeft ongetwijfeld geleid tot een onvoorziene situatie buiten de macht van de golfbaanexploitant en de in dienstzijnde greenkeepers.

8 Referenties

Bodemkaart van Nederland. 1978. Blad 17 West Emmen. Uitgave 1978. StiBoKa Wageningen.

Kroes, J.G. and J.C. van Dam (eds). 2003. Reference manual SWAP version 3.0.3. Wageningen. Alterra, Green World Research. Alterra Report 773. 211 pp.

KROES, J.G., J.G. WESSELING and J.C. VAN DAM. 2000. 'Integrated modelling of the soil-water-atmosphere-plant system using the model Swap 2.0. An overview of theory and an application.' Hydrol. Pcess. 14(2000), 1993-2002.

Wösten, J.H.M., 1987. Beschrijving van de waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken uit de Staringreeks met analytische functies. Wageningen. STI-BOKA Rapport 2019.

Wösten, J.H.M., G.J. Veerman, W.J.M. de Groot en J.Stolte. 2001. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks. Vernieuwde uitgave 2001. Wageningen. Alterra-rapport 153. 86 pp.