

NN31545.0696 JTA 896<sup>I</sup>

5 oktober 1972

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding  
Wageningen

**BIBLIOTHEEK  
STARINGGEBOUW**

VERBETERING VAN DE HOCKEYVELDEN AAN DE

MANSHOLTLAAN TE WAGENINGEN

**BIBLIOTHEEK DE HAAFF**

Droevendaalsesteeg 3a

Postbus 241

6700 AE Wageningen

ir. G.P. Wind en drs. A.B. Pomper

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, 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

17888069

12 FEB. 1998



0000 0672 7917

## I N H O U D

	blz.
INLEIDING	1
ALGEMENE HYDROLOGIE	1
DE OPBOUW VAN DE GROND	2
GESCHIKTHEID VAN HET TERREIN	2
DE OORZAKEN VAN DE WATEROVERLAST	3
ONTWATERING	4
WERKWIJZE	6
MODEL VAN DE WATERHUISHOUDING	7
GEBRUIKTE SYMBOLEN EN HUN WAARDE	8
AFVOERSNELHEDEN	9
BERGEND VERMOGEN	11
EFFECT VAN DE DRAINAGE OP DE BESPEELBAARHEID	12
VERBETERING DOOR BEZANDING	15
VERGELIJKING VAN DE KOSTEN	20
VERBETERING DOOR VERLAGING VAN DE STIJGHOOGTE VAN HET DIEPE GRONDWATER	22
BEÏNVLOEDING VAN HET DIEPE GRONDWATER DOOR POMPEN	25
ANDERE VERBETERINGSMETHODEN	28
CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	30

## INLEIDING

De hockey-velden aan de Mansholtlaan hebben te kampen met wateroverlast; daardoor zijn ze zeer vaak onbespeelbaar. Op verzoek van de gemeente Wageningen werd een onderzoek ingesteld naar de oorzaken van de wateroverlast en naar de verbeteringsmogelijkheden.

## ALGEMENE HYDROLOGIE

Het gebied, gelegen tussen de stuwwal van Wageningen en de Utrechtse Heuvelrug, heeft sedert mensenheugenis moeilijkheden met de afwatering. De oorzaak moet gezocht worden in de opbouw van de ondergrond ter plaatse en in de morfologie van de zuidelijke Gelderse Vallei en directe omgeving.

In de hogere delen grenzend aan de Gelderse Vallei is de grondwaterstand sterk afhankelijk van de hoeveelheid water die in de bodem infiltreert. Vrijwel het gehele neerslagoverschot in dit gebied dringt in de bodem. Het grove zand waaruit de stuwwallen zijn opgebouwd garandeert een vrijwel volledig naar het grondwater stromen van de neerslag. Omdat de afstroming van grondwater over grote afstanden moet plaats hebben treden hierin relatief kleine variaties op en zijn de fluctuaties in de grondwaterstand in deze hogere gebieden vrij groot, omdat ze afhangen van de ontvangen neerslag. Dezelfde soort grove zanden die in de stuwwallen aan de oppervlakte komen, komen in de Gelderse Vallei zelf op grotere diepte beneden het maaiveld voor. Het onderhavige grofzandige pakket is daar bedekt met een dik pakket - voor een deel fijnkorrelige - sedimenten. Het gevolg is dat het grondwater in het grove pakket onder vrij hoge druk staat, welke druk afhangt van de grondwaterstand in de hogere delen in de omgeving.

De stroming uit de grovere sedimenten op enige diepte naar de oppervlakte is afhankelijk van de druk van het diepe grondwater en de weerstand, die het water ondervindt in het fijnere afdekkend pakket. Naarmate dit afdekkende pakket dunner is, is de verticale weerstand geringer en dus de verticale stroming groter. Het gevolg in de onderhavige situatie is, dat met name langs de randen van het weerstand biedende pakket een vrij sterke verticale stroming plaats heeft, met andere woorden er treedt kwel op. De sterkte van de kwelstroom is direct afhankelijk van de hoeveelheid water die in de hogere gebieden in de omgeving aanwezig is en is daardoor seizoen-afhankelijk.

De stijghoogte van het diepe grondwater varieert op het hockeyveld van 1,5 m onder maaiveld in de nazomer tot 0,1 m boven maaiveld in het vroege voorjaar.

#### DE OPBOUW VAN DE GROND

Het algemene beeld van de bodemgesteldheid van de hockeyvelden is als volgt:

0-40 cm: mengsel van  $\pm$  20 cm oude bovengrond, bestaande uit humeus lemig vrij grof zand en  $\pm$  20 cm opgebracht vrij grof zand; doorlaatfactor 0,20 m/dag

40-80 cm: meer of minder humeus, lemig, matig grof zand. Deze laag is sterk storend in het profiel; doorlaatfactor 0,005 m/dag

80-250 cm: leemhoudend vrij grof zand; doorlaatfactor 0,18 m/dag

250-350 cm: mengsel van klei en veen; doorlaatfactor 0,008 m/dag

350-1000 cm: zand; doorlaatfactor 45 m/dag

#### GESCHIKTHEID VAN HET TERREIN

Zowel door zijn hydrologie als door zijn bodemgesteldheid is dit terrein weinig geschikt voor activiteiten, waarvoor een goede waterbeheersing in de bodem een belangrijke factor is. Een sportveld heeft een zeer goede waterbeheersing nodig; deze is op dit terrein

wel te verkrijgen, maar tegen aanmerkelijk hogere kosten dan op de meeste andere plaatsen.

#### DE OORZAKEN VAN DE WATEROVERLAST

Voor de ontwatering van akkerbouwgrond in Nederland wordt gebruik gemaakt van het drainagecriterium, dat zegt: indien de grondwaterstand 50 cm onder maaiveld staat moet de waterafvoer 7 mm/dag zijn. Omdat meest op een diepte van omstreeks 1 m wordt gedraineerd betekent dit dat bij een grondwaterstand gelijk aan maaiveld de afvoer 14 mm/dag moet zijn. Voor kampeerterreinen en sportvelden wordt algemeen een verdubbeling van deze eis noodzakelijk geacht. Bij grondwaterstanden gelijk aan maaiveld moet de afvoer dus ongeveer 30 mm/dag bedragen.

In de hockeyvelden liggen drains op een diepte van 55 cm en een onderlinge afstand van 5 m, hierna aangeduid als de diepe drains; er liggen bovendien ondiepe drains op 30 cm met eveneens een onderlinge afstand van 5 m. Toen op 28 juli 1972 het gehele terrein onder water stond bedroeg de afvoer van de ondiepe drains 3,2 mm/dag en die van de diepe 1,1 mm/dag. De afvoerintensiteit bedraagt dus nog geen 15% van de norm.

Dit heeft tot gevolg dat ook bij geringe neerslag hoge grondwaterstanden blijven bestaan. De gemiddelde neerslag in de winter bedraagt 2 mm/dag. Er kan berekend worden dat deze wordt afgevoerd wanneer de grondwaterstand 18 cm onder maaiveld ligt. Veel dieper zal de grondwaterstand in de winter niet komen.

De waterafvoermogelijkheid schiet zo zeer te kort dat het weinig relevant is om aan andere oorzaken van de wateroverlast te denken.

De kwel kan weliswaar van belang zijn, maar ook zonder kwel is de ontwatering zo zeer onvoldoende dat het land onbruikbaar is. Kwel zou oorzaak van de wateroverlast zijn, indien ondanks zeer grote afvoeren toch hoge grondwaterstanden optreden.

Het bergend vermogen van de bovengrond is momenteel in de winter zeker te klein. Er bestaat echter geen grond, die bij zo'n ge-

ringe ontwateringsdiepte wel een voldoende bergend vermogen heeft. Door het opbrengen van 70 cm zand wordt het bergend vermogen vergroot; bij handhaving van de bestaande drainage zou dan ook voldaan zijn aan de ontwateringseis voor bouwland.

Kwel en een te klein bergend vermogen zijn weliswaar niet de oorzaak van de wateroverlast, er zal bij het ontwerpen van een verbeteringsplan wel rekening mee gehouden moeten worden.

## ONTWATERING

De ontwatering van een terrein wordt meestal verzorgd door drains of sloten. Hiervoor geldt de volgende formule:

$$q = \frac{h}{r} \quad (1)$$

Daarin is  $q$  de afvoersnelheid uitgedrukt in cm/dag;  $h$  is het hoogteverschil tussen de grondwaterstand midden tussen de drains en de diepte waarop deze liggen, uitgedrukt in cm;  $r$  is de totale weerstand van het grond-drainage systeem uitgedrukt in dagen.

De totale weerstand is de som van een aantal weerstanden, die het water op zijn weg van de oppervlakte naar de drains ontmoet.

$$r = r_v + r_h + r_r + r_i \quad (2)$$

$r_v$  is de verticale weerstand, die moet worden overwonnen bij de stroming van de oppervlakte naar de laag waarin de drains liggen. In de meeste landbouwgronden kan deze worden verwaarloosd. In de hockeyvelden komt een slechte laag voor met een doorlaatfactor van 0,5 cm/dag. Deze laag heeft dus een weerstand van  $1/0,5 = 2$  dag/cm. Aangezien hij 40 cm dik is, is zijn totale weerstand 80 dagen. De verticale weerstand van de boven- en onderliggende lagen mag worden verwaarloosd, aangezien ze slechts 0,05 dag/cm bedraagt.

$r_h$  is de weerstand voor de nagenoeg horizontale stroming naar de drains toe. De horizontale weerstand is evenredig met het kwadraat

van de drainafstand  $l$  en omgekeerd evenredig met de doorlaatfactor  $k$  en de equivalent dikte van het watervoerend pakket  $d$ .

$$r_h = \frac{l^2}{8kd} \quad (3)$$

Deze weerstand neemt dus sterk toe met de drainafstand. In tabel 1 zijn de verschillende weerstanden berekend.

$r_r$  is de radiale weerstand, die ontstaat doordat de stroombanen uit de hele dikte van het watervoerend pakket moeten convergeren naar de relatief kleine drain. Deze waarde is groter naarmate de drain kleiner is en is bovendien afhankelijk van de drainafstand.

$r_i$  is de intredeweerstand. Bij een goed aangelegd drainagesysteem is deze verwaarloosbaar klein.

Tabel 1. Weerstanden van het grond-drainage systeem bij verschillende drainafstanden in dagen

Drainafstand m	$r_h$	$r_r$	$r_d = r_h + r_r$	$r_v$	$r_{\text{totaal}}$
15	118	45	163	80	243
10	71	24	95	80	175
7,5	50	16	66	80	146
5	30	8	38	80	118
2,5	11	2	13	80	93

Met behulp van de gegevens uit tabel 1 kan worden berekend op welke diepte moet worden gedraineerd om te kunnen voldoen aan de sportvelden-eis dat de afvoer 15 mm/dag moet bedragen bij een grondwaterstand van 50 cm onder maaiveld, of aan de landbouw-eis van 7 mm/dag.

Uit tabel 2 blijkt dat het praktisch onmogelijk is om de grond van de hockeyvelden zodanig te draineren dat aan de norm wordt voldaan. Men zou op 2,30 m diepte moeten draineren met een onderlinge

Tabel 2. Benodigde draaindiepte om te voldoen aan de sportvelden-  
respectievelijk landbouweisen voor ontwatering (cm-m.v.)

Drainafstand (m)	Landbouweis	Sportveldeneis
15	220	417
10	172	315
7,5	152	270
5	140	228
2,5	115	190
0	106	170

afstand van 5 m. Dat zou ongeveer 20 000 gld/ha kosten en daarbij moet nog een sloot worden gegraven van bijna 3 m diepte; er moet een onderbemaling komen en het gehele terrein moet opnieuw worden ingezaaid. Dan is nog geen rekening gehouden met de kwel, die in dit terrein optreedt en die toeneemt met een verdieping van de ontwatering.

#### WERKWIJZE

Vastgesteld is dat de wateroverlast wordt veroorzaakt door een totaal onvoldoende drainage. Ook is aangetoond dat een goede ontwatering, die voldoet aan de normen, niet mogelijk is of slechts met abnormale en zeer kostbare middelen kan worden bereikt. Toepassing van algemeen gebruikte normen en technieken kan voor dit terrein geen oplossing geven. Men zal moeten afwijken van bestaande normen en dan moeten aangeven welke consequenties dat heeft voor de bespeelbaarheid van het terrein. Alleen een fundamentele aanpak van het probleem kan hier wegen geven voor de oplossing.

Daartoe zal de afvoerintensiteit en het bergend vermogen in verband worden gebracht met de te verwachten regenhoeveelheden en de kwel. Daaruit volgt een schatting van het aantal keren dat een bepaalde grondwaterstand wordt overschreden. Zodoende kan worden aangegeven hoeveel keren per seizoen het veld onbespeelbaar zal zijn in



afhankelijkheid van de toegepaste verbeteringsmethode.

#### MODEL VAN DE WATERHUISHOUDING

Door de aanwezigheid van slecht doorlatende lagen en van kwel is het probleem van de ontwatering van het hockeyveld vrij gecompliceerd. Het kan worden verduidelijkt door een elektrisch model. In de hydrologie wordt evenals in de electriciteitsleer gewerkt met potentialen, weerstanden en stroomsterktes. Fig. 1 geeft een tekening van een elektrisch model dat als voorbeeld kan dienen van de hydrologie van het hockeyveld.

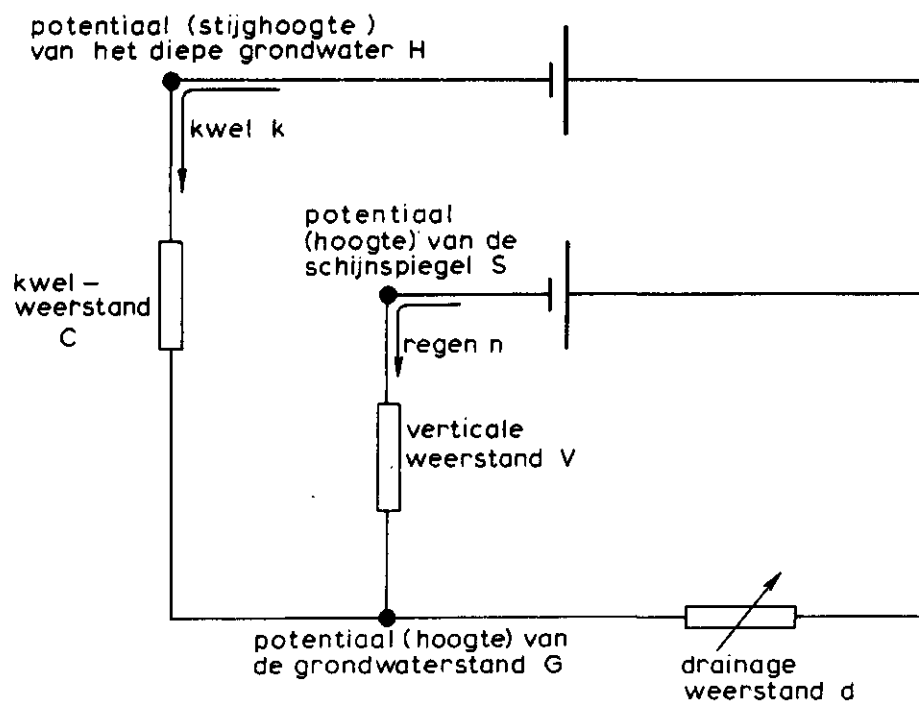


Fig. 1. Elektrisch model van de waterhuishouding van het hockeyveld te Wageningen

Juist als in dit model wordt de stroming beheerst door drie formules:

$$n = \frac{S - G}{v} \quad (1)$$

De hoeveelheid neerslagwater (n) die kan worden afgevoerd is gelijk aan het potentiaalverschil S-G tussen de schijnspiegel (S) boven de leemlaag en de grondwaterstand (G) onder die laag, gedeeld door de verticale weerstand (v) van die laag.

$$k = \frac{H - G}{c} \quad (2)$$

De hoeveelheid kwelwater (k) die toestroomt is gelijk aan het potentiaalverschil tussen het diepe grondwater (H) en het ondiepe grondwater (G), gedeeld door de weerstand van de lagen tussen 2 en 10 m diepte (c).

$$k + n = \frac{G}{d} \quad (3)$$

De beide aangevoerde hoeveelheden water, kwel (k) plus neerslag (n) worden afgevoerd door de drainage. Deze afvoer is gelijk aan het potentiaalverschil G tussen het ondiepe grondwater en het niveau van de drains (= nul) gedeeld door de drainageweerstand d.

#### GEBRUIKTE SYMBOLEN EN HUN WAARDE

- H stijghoogte van het diepe grondwater in cm boven drainniveau. In de zomer is H klein, in de winter kan hij ongeveer gelijk aan maaiveld zijn. Deze waarde kan worden beïnvloed door water uit de diepere lagen op te pompen;
- G hoogte van de grondwaterstand in cm boven drainniveau. Men meet G in waterstandsbuizen, die met een filter staan in de laag zand tussen 80 en 200 cm diepte. In verband met de aanwezigheid van een leemlaag tussen 40 en 80 cm heeft de waarde van G geen directe betekenis;
- S de hoogte van de 'schijngrondwaterstand' in cm boven drainniveau. Deze waarde is van het grootste belang voor de bespeelbaarheid

van het terrein en voor de grasgroei. De schijnspiegel S mag niet hoger komen dan 30 cm onder het maaiveld. Bij nattere omstandigheden wordt het veld te dras; de zode wordt beschadigd door de hockeyspelers en de graswortels sterven af door luchtgebrek. Afhankelijk van de te nemen maatregelen zal een overschrijding van deze grenswaarde, 30 cm onder maaiveld, vaak voorkomen of minder vaak; bijvoorbeeld 5 x per seizoen of slechts eens per 2 seizoenen;

- c de kwelweerstand, uitgedrukt in dagen. De waarde van c kan niet worden beïnvloed; ze bedraagt 120 à 160 dagen;
- d de drainageweerstand. Afhankelijk van de intensiteit en kwaliteit kan deze variëren tussen 13 en 163 dagen;
- v de verticale weerstand van de leemlaag tussen 40 en 80 cm. De waarde van v bedraagt 80 dagen. Ze kan worden beïnvloed door de leemlaag te verwijderen, te verbreken of op veel plaatsen te doorboren;
- k de hoeveelheid kwel in cm/dag, wordt door alle te nemen maatregelen beïnvloed;
- n de hoeveelheid neerslag in cm/dag, die kan worden afgevoerd. Ook deze hoeveelheid wordt door alle te nemen maatregelen beïnvloed;
- m de draandiepte in cm onder maaiveld.

#### AFVOERSNELHEDEN

Uit de formules (1), (2) en (3) zijn de twee formules af te leiden, die nodig zijn voor het ontwerpen van een verbeteringsplan. Met behulp van formule (4) kan men berekenen welke hoogte de schijnspiegel zal aannemen, indien n bekend is.

$$S = \frac{n(cv + vd + cd) + Hd}{c + d} \quad (4)$$

Met behulp van formule (5) kan men berekenen hoeveel regenwater per dag kan worden afgevoerd, indien S bekend is.

$$n = \frac{Sc + Sd - Hd}{cv + vd + cd} \quad (5)$$

Eerst wordt berekend welke regenhoeveelheden kunnen worden verwerkt bij verschillende draindiepten en drainweerstanden, waarbij  $m$  is de draindiepte in cm. In dat geval is  $H = m$  en  $S = m - 30$  omdat het diepe grondwater tot aan maaiveld stijgt en de schijnspiegel niet hoger mag komen dan 30 cm onder maaiveld. Invullen van de andere bekenden ( $c = 120$  en  $v = 80$  dagen) levert de formule

$$n = \frac{0,6m - 0,15d - 18}{48 + d} \quad (6)$$

Tabel 3. Afvoersnelheden in mm/dag bij een schijnspiegelhoogte van 30 cm onder maaiveld voor een aantal draindiepten en -weerstanden, berekend met formule (6)

Drainafstand	2,5	5	7,5	10 m
Drainweerstand (d)	13	38	66	95 dagen
Draindiepte (m)				
60	2,6	1,5	0,7	0,3
80	4,6	2,9	1,7	1,1
100	6,5	4,2	2,8	2,0
120	8,5	5,6	3,8	2,8
140	10,5	7,0	4,9	3,6

Hoewel deze tabel alleen nog niet voldoende is voor de keuze van de drainage, kan al wel de conclusie worden getrokken dat de draindiepte tenminste 80 cm moet bedragen en de drainafstand ten hoogste 7,5 m. Want afvoersnelheden van 4 mm/dag bij een schijnspiegelhoogte van 30 cm onder maaiveld betekenen wel het uiterste minimum.

## BERGEND VERMOGEN

Naarmate het waterbergend vermogen van een grond groter is kan met kleinere afvoersnelheden worden volstaan. Het bergend vermogen is afhankelijk van de vochttoestand van de grond in evenwicht. Voor de vaststelling van het evenwicht is hier gebruikt een stationaire afvoer van 2 mm/dag, omdat dat in de winterperiode de gemiddelde neerslag is. Met behulp van formule (4) kan worden berekend wat de hoogte van de schijnspiegel in deze evenwichtstoestand zal zijn.

Tabel 4. Evenwichtshoogte van de schijnspiegel in cm onder maaiveld bij afvoer van 2 mm/dag

Drainafstand	2,5	5	7,5	10 m
Drainweerstand	13	38	66	95 dagen
Draindiepte				
60	36	24	14	4
80	54	40	27	15
100	72	54	40	26
120	90	69	53	36
140	108	84	66	47

Met behulp van de vocht karakteristiek van de bovenlaag van het terrein is berekend hoe groot het verschil is tussen de hoeveelheden water die aanwezig zijn bij de evenwichtstoestand en die bij de hoogst toelaatbare grondwaterstand van 30 cm onder maaiveld. Dit verschil is het bergend vermogen. Bij de berekening hiervan is rekening gehouden met drukverliezen door de onverzadigde capillaire stroming in de leemlaag. Het bergend vermogen van de leemlaag zelf is verwaarloosbaar. Het bergend vermogen van het zand beneden 80 cm onder maaiveld is ook niet in rekening gebracht.

Tabel 5. Bergend vermogen in mm bij verschillende draindiepten en -afstanden

Drainafstand	2,5	5	7,5	10 m
Drainweerstand	13	38	66	95 dagen
Draindiepte				
60	15	0	0	0
80	25	16	6	0
100	32	25	17	6
120	36	30	26	16
140	39	35	30	23

#### EFFECT VAN DE DRAINAGE OP DE BESPEELBAARHEID

Uit de gevonden afvoersnelheden en bergend vermogens kan worden berekend hoeveel regenwater door het veld kan worden verwerkt zonder dat de schijnspiegel hoger komt dan 30 cm onder maaiveld. Daarbij is gerekend dat de maximale afvoeren (tabel 3) slechts geleidelijk tot stand komen. De eerste dag bedraagt de afvoer de evenwichtswaarde van 2 mm/dag; de tweede en volgende dagen komt daar telkens 2 mm/dag bij totdat de maximale hoeveelheid is bereikt.

Het resultaat wordt weergegeven in de figuren 2, 3 en 4. Daarin staan tevens de regenhoeveelheden, die moeten worden verwacht. Dat zijn de zogenaamde regenduurlijnen. Deze zijn gegeven voor de kansen: eenmaal per 5, 2 en 1 seizoenen en 2, 5 en 10 maal per seizoen. De gegevens zijn ontleend aan de neerslagsommen, die door het K.N.M.I. voor Utrecht zijn gepubliceerd.

Wanneer een berging-afvoerlijn de regenduurlijn van eenmaal per seizoen raakt, betekent dat dat de regenhoeveelheden, die met een waarschijnlijkheid van éénmaal per seizoen voorkomen, nog juist kunnen worden verwerkt. Het terrein is dan dus gemiddeld over een lange reeks van jaren éénmaal per seizoen onbespeelbaar.

Uit de grafieken is af te lezen dat een drainafstand van 7,5 m, zelfs op een diepte van 1.40 m, nog onvoldoende is. De lijn loopt

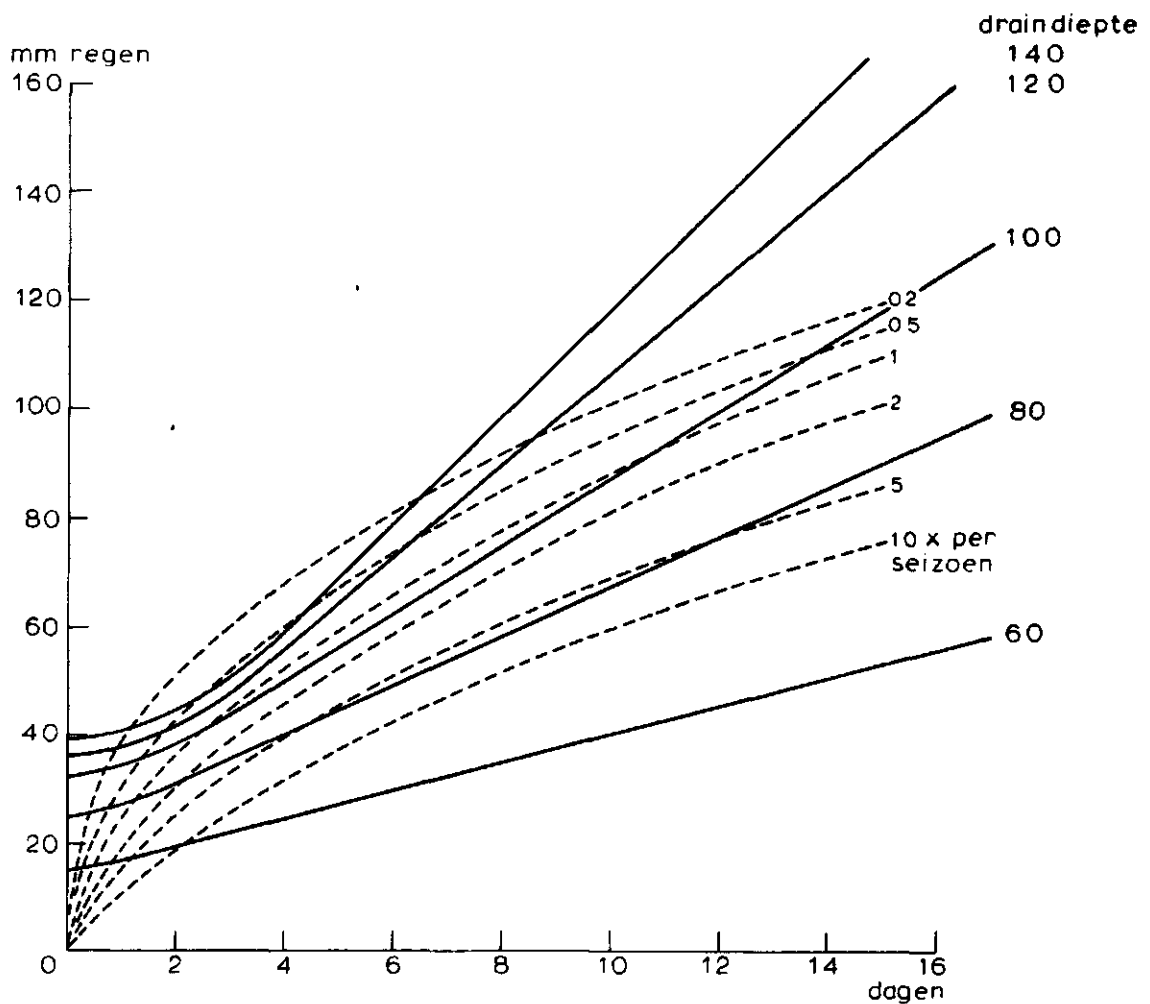


Fig. 2. Regenduurlijnen en afvoerlijnen voor drainafstand 2,5 m

tussen de regenduurlijnen van 2x en 5x per seizoen. Men moet dus of dieper draineren, wat nauwelijks mogelijk is, of intensiever. Bij een drainafstand van 5 m kan men met de grootste draindiepte een toestand bereiken van gemiddeld één onbespeelbare periode per seizoen. De lengte van een onbespeelbare periode is ongeveer 7 dagen.

Overigens dient niet de ontwerper, doch de opdrachtgever te beslissen welke mate van bespeelbaarheid voldoende is.

Ten aanzien van de drainage geldt dat verkregen wordt:

0,2 onbespeelbare perioden per seizoen is onbereikbaar

0,5 onbespeelbare perioden per seizoen met draindiepte 140, drainafstand 2,5 m

1,0 onbespeelbare perioden per seizoen met draindiepte 140, drainaf-

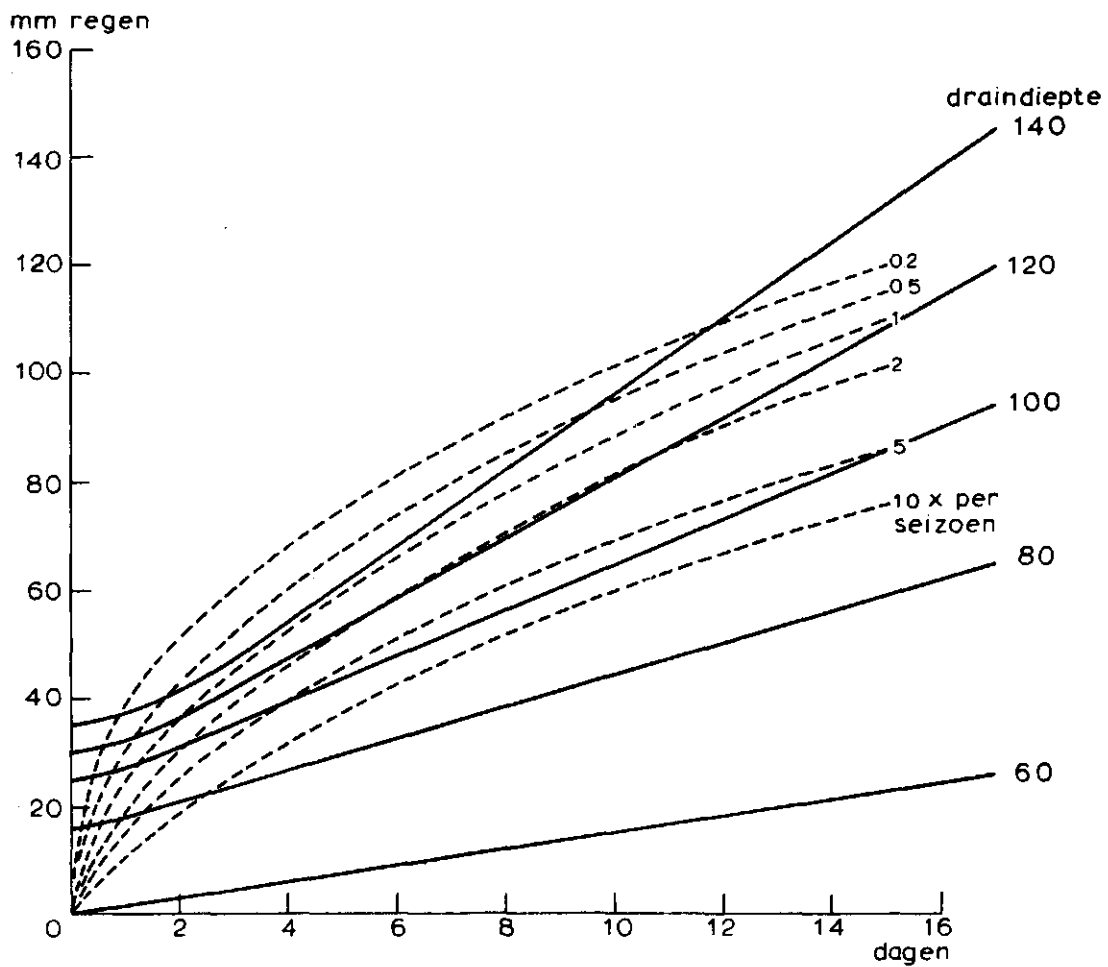


Fig. 3. Regenduurlijnen en afvoerlijnen voor drainatstand 5 m

stand 5 m

2,0 onbespeelbare perioden per seizoen met draindiepte 120, drainafstand 5 m

In het laatste hoofdstuk zal een vergelijking worden gemaakt tussen de verschillende verbeteringsmogelijkheden, hun kosten en hun vermoedelijk resultaat.



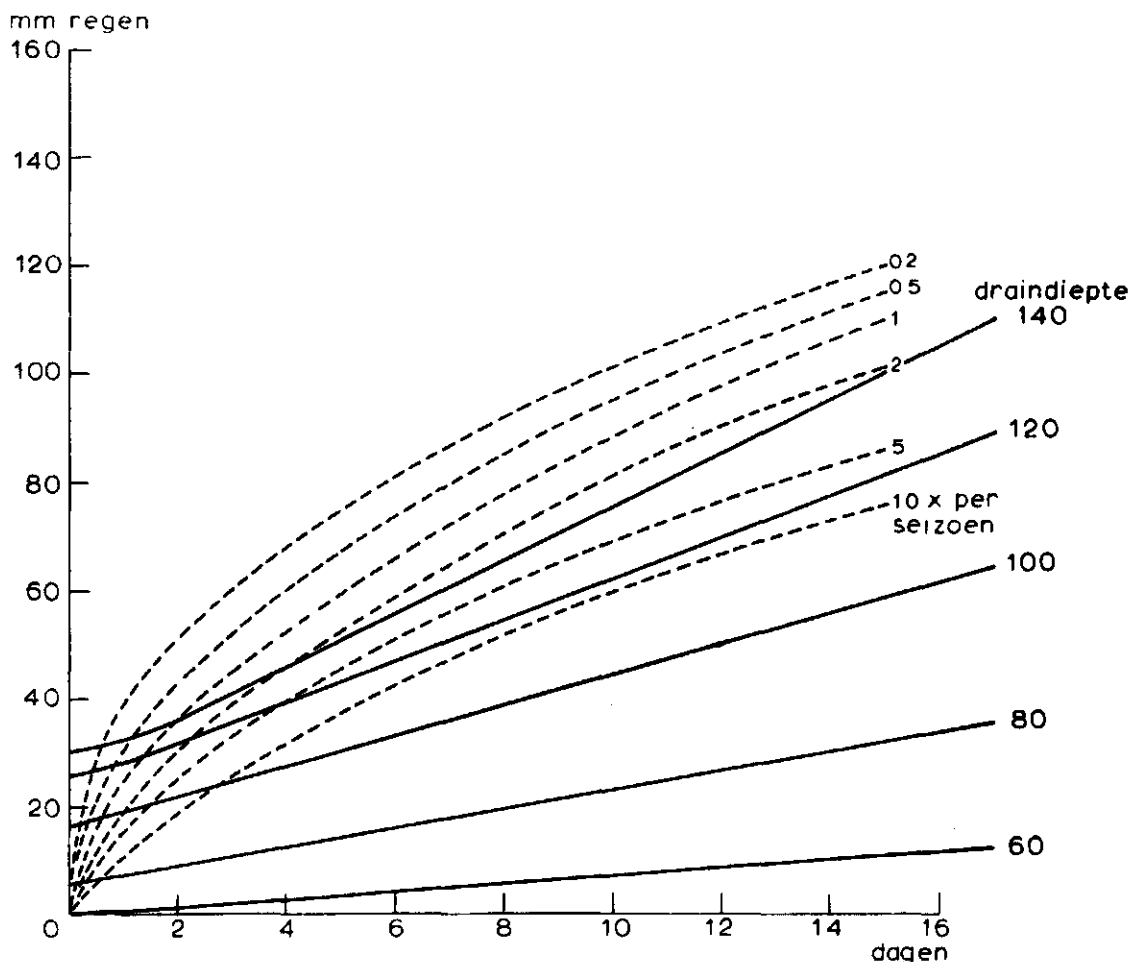


Fig. 4. Regenduurlijnen en afvoerlijnen voor drainafstand 7,5 m

#### VERBETERING DOOR BEZANDING

In het voorgaande is gevonden dat voor het bereiken van een min of meer redelijke bespeelbaarheidskans een zeer diepe en intensieve drainage nodig is. Dat is vrij kostbaar; niet alleen de drainage zelf is duur, maar ook dient de sloot te worden uitgediept en onderbemalen. Het resultaat is ook nog vrij pover. Bij 0,5 onbespeelbare perioden per jaar kunnen er jaren zijn, die geheel naar wens verlopen; andere echter kunnen een aantal onbespeelbare weekenden opleveren.

Bij deze berekeningen is geen veiligheidsfactor ingebouwd. Doordat in alle metingen een zekere spreiding voorkomt, moet het re-

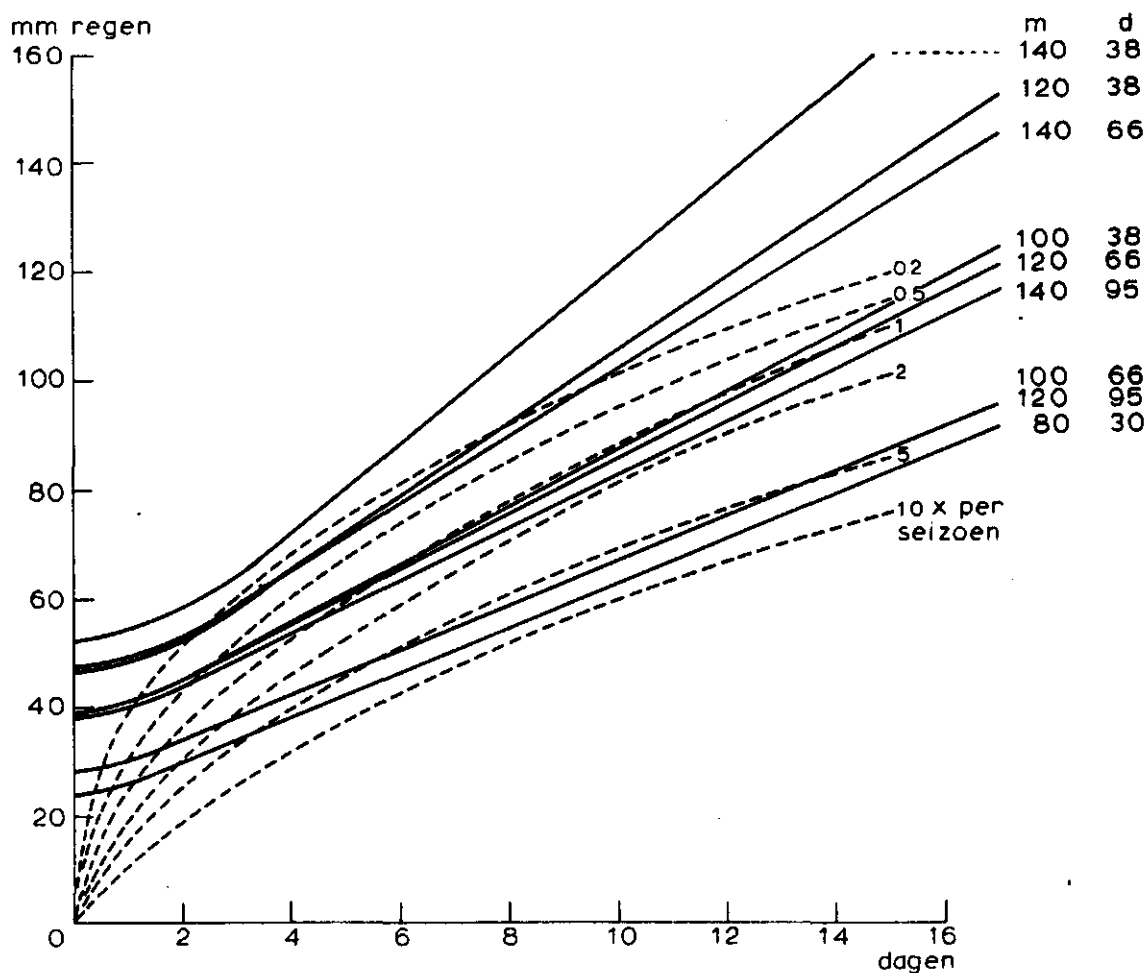


Fig. 5. Regenduur- en afvoerlijnen bij 10 cm bezanding voor een aantal draindiepten (m) en -weerstanden (d). De draindiepte is bepaald vanaf het nieuwe maaiveld

sultaat vrij ruim worden geïnterpreteerd. Het voorkomen van 1 onbespeelbare periode per jaar moet worden geïnterpreteerd als een getal tussen 0,5 en 2.

Omdat het aanbrengen van een drainage op 2,5 of 5 m afstand niet mogelijk is zonder een ontoelaatbare beschadiging van de grasmat is het nodig het terrein na bezakking van de drainsleuven opnieuw vlak te maken en in te zaaien. De kosten daarvan komen dus nog bij de reeds genoemde. Moet dit werk toch worden uitgevoerd, dan kan ook het aanbrengen van extra zand worden overwogen. Daarmee wordt het bergend vermogen vergroot en tevens de effectieve draindiepte,

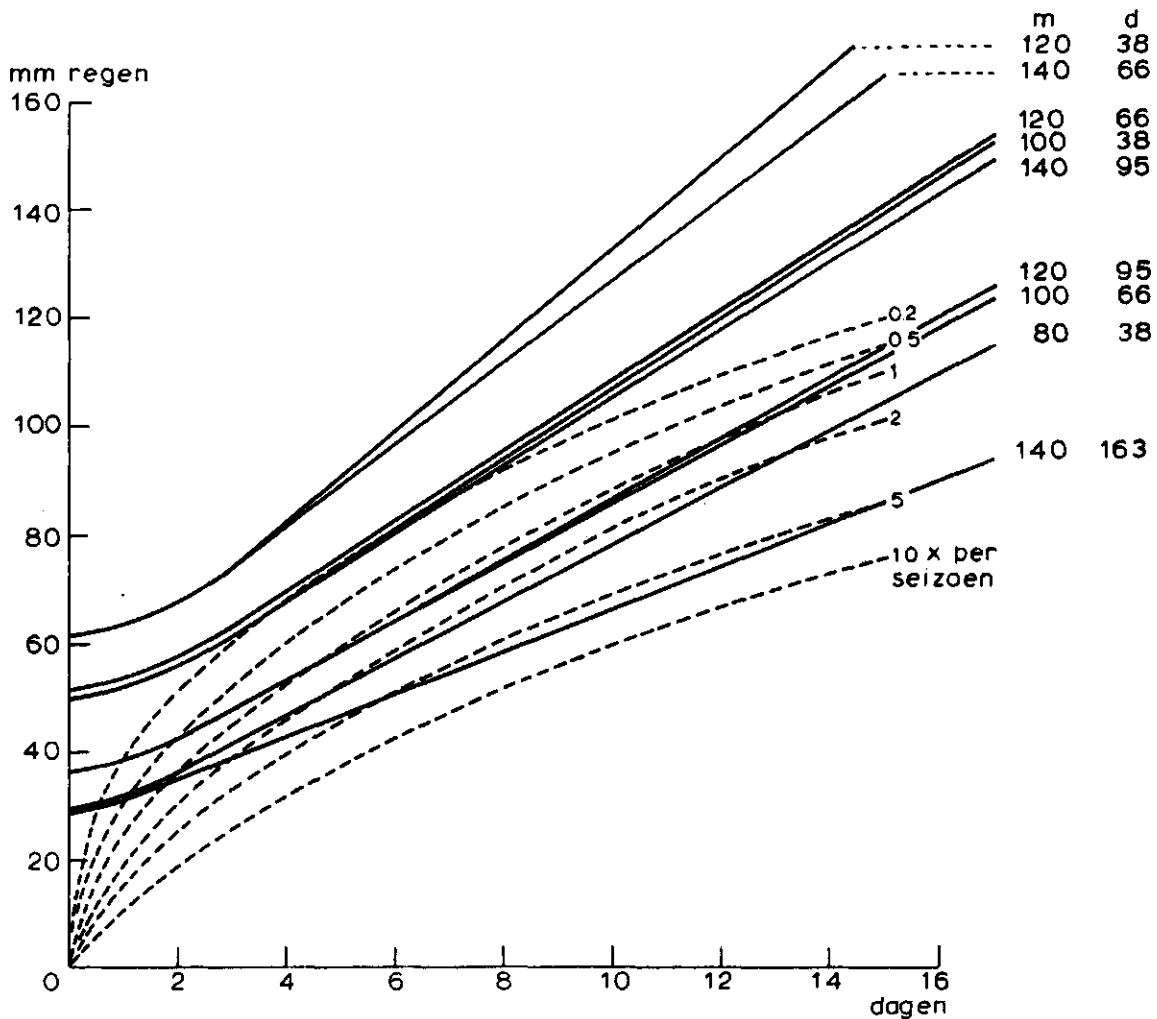


Fig. 6. Als 5 doch bij 20 cm bezanding

terwijl de stijghoogte van het diepe grondwater relatief wordt verlaagd.

Met behulp van de formules (4) en (5) is nu berekend wat het effect is van het aanbrengen van 10, 20, 30 en 40 cm zand op bergend vermogen en afvoersnelheid. Het resultaat wordt getoond in de figuren 5, 6, 7 en 8. Door de bezanding wordt de drainagebehoefte aanzienlijk verlaagd. Dit komt mede doordat de bestaande drainage op 30 cm onder het huidige maaiveld nu betekenis krijgt. Een onbespeelbare periode is immers gedefinieerd als een periode waarin de schijnspiegel hoger komt dan 30 cm onder maaiveld. Zonder bezanding geeft de bestaande drainage dus slechts afvoer in onbespeelbare perioden.

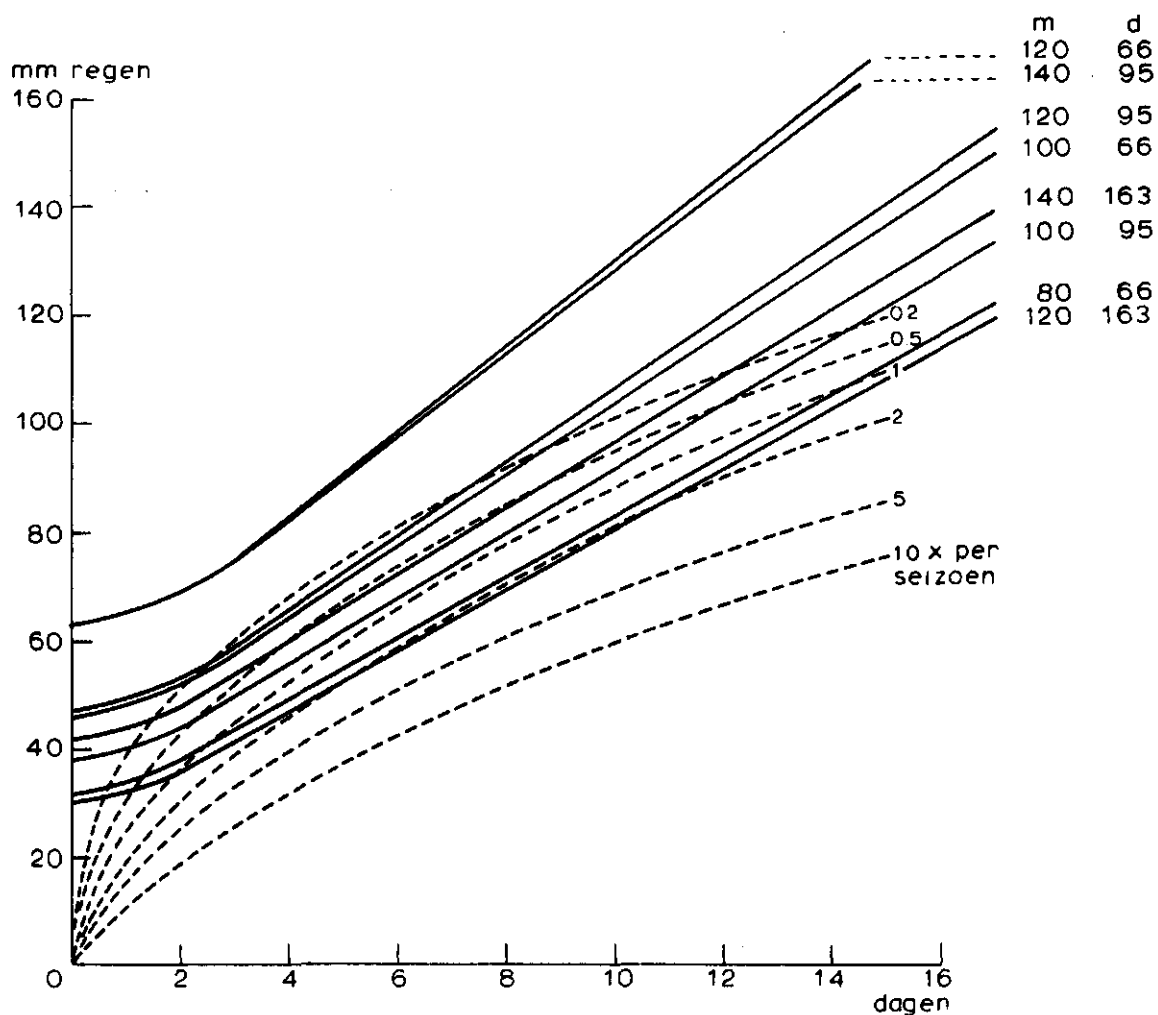


Fig. 7. Als 5 doch bij 30 cm bezanding

Met bezanding werkt ze mee om het bereiken van onbespeelbare perioden te voorkomen. Blijkens veldwaarnemingen bedraagt de afvoer 3 mm/dag bij 30 cm verschil tussen de draindiepte en de hoogte van de schijnspiegel. De weerstand van deze drainage is daarom op 100 dagen gesteld.

Zonder bezanding kan een aantal van 0,2 onbespeelbare perioden per seizoen niet worden bereikt; met bezanding kan dat royaal. Zelfs 1 onbespeelbare periode per 10 seizoenen is mogelijk. Om dit te bereiken is 10 cm zand reeds voldoende. Met een grotere bezandingsdikte wordt nauwelijks een beter resultaat bereikt; wel kan daardoor worden bespaard op de drainage. De kosten zijn evenwel groter dan de besparingen. Het heeft daarom geen zin om bezandingen van meer dan

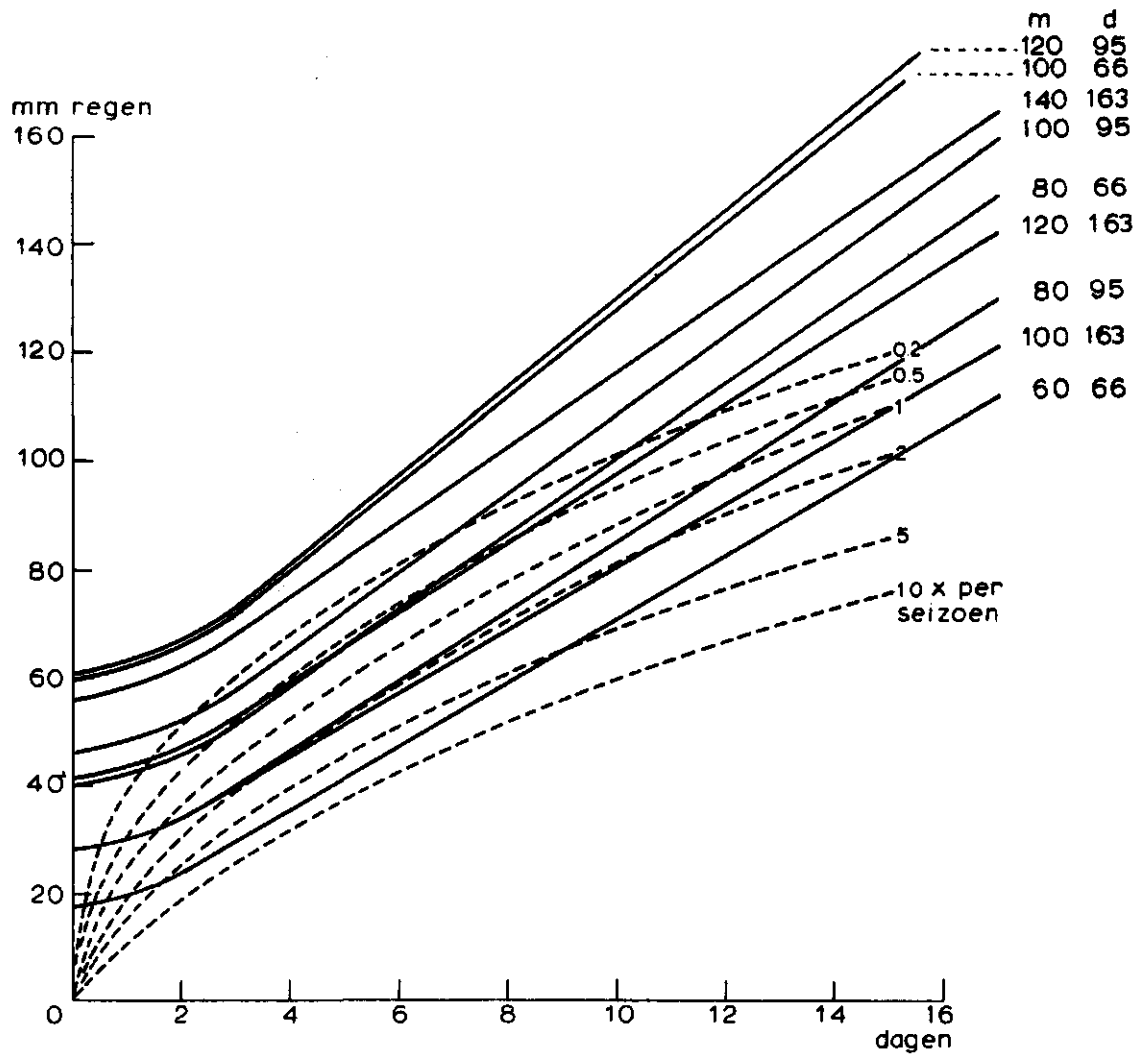


Fig. 8. Als 5 doch bij 40 cm bezanding

10 cm op dit veld te overwegen.

In fig. 9 zijn de gegevens nog eens samengevat. Daaruit blijkt nog eens dat zonder bezanding slechts een beperkte verbetering mogelijk is tot ongeveer 1 onbespeelbare periode per seizoen. Daarvoor zijn wel grote draandiepten en kleine drainafstanden nodig. Met 10 cm bezanding en een draandiepte van 140 cm bij een afstand van 5 m is een zeer goede verbetering mogelijk. Uit deze figuur blijkt dat eenzelfde resultaat kan worden bereikt op verschillende manieren. Een daarvan is uiteraard goedkoper dan de anderen. Daarom wordt in het volgende hoofdstuk een kostenvergelijking gemaakt.

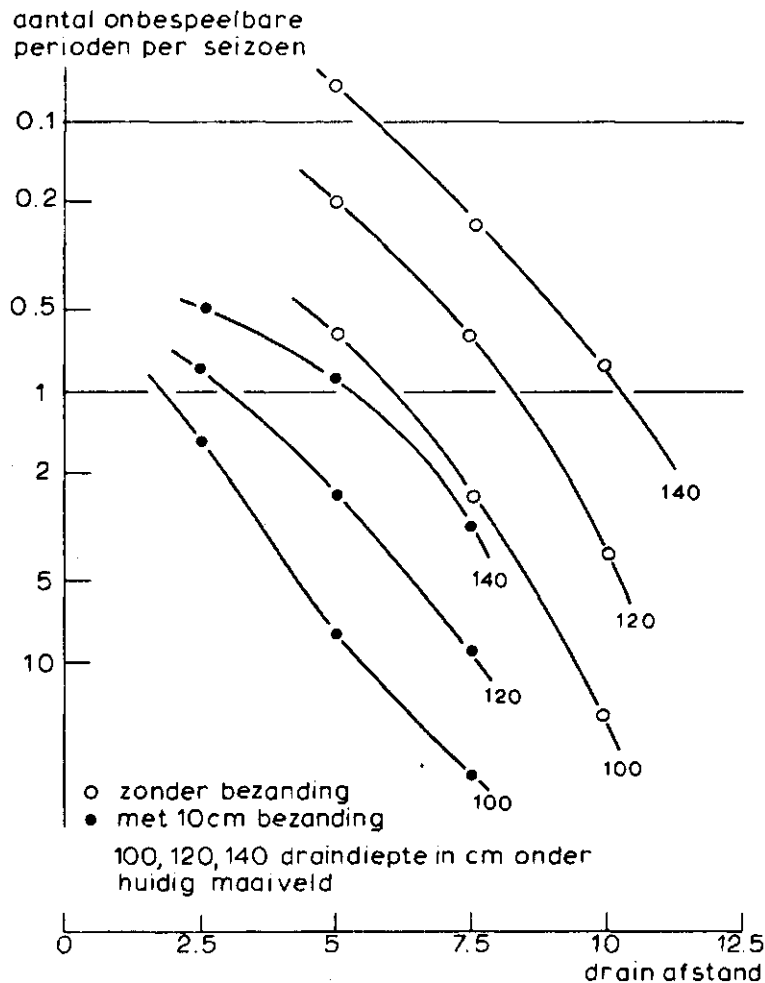


Fig. 9. Relatie tussen het aantal onbespeelbare perioden per seizoen en draindiepte, drainafstand en bezanding

#### VERGELIJKING VAN DE KOSTEN

Voor de vergelijking van de kosten van verschillende uitvoeringsmethoden zijn de volgende eenheidsprijzen gebruikt:

drainage op 0- 80 cm diepte 3,0 gld/m

" " 81-120 cm diepte 3,8 "

" " 121-150 cm diepte 4,4 "

Kosten van verdieping van de sloot, afdamming, pomp voor onderbemaling met motor en elektrische leiding 12 000 gld. Dit is alleen nodig voor draindiepten groter dan 100 cm. Kosten van aankoop, aanvoer en verwerking van zand 14 gld/m<sup>3</sup>. Kosten van afegaliseren en al-

le andere werkzaamheden voor het verkrijgen van een nieuwe grasmat 7000 gld/ha. Het terrein heeft een oppervlakte van 3 ha.

Tabel 6. Kosten in duizenden guldens voor het verkrijgen van 2 onbespeelbare perioden per seizoen

Drain		Bezand.	Drainage	Afwat.	Bezand.	Afwerk.	Totaal
afstand	diepte						
m	cm						
3	100	0	38	0	0	21	59
5	120	0	23	12	0	21	56
7	140	0	19	12	0	21	<u>52</u>
8	100	10	11	0	42	21	74
10	120	10	12	12	42	21	87
11	140	10	12	12	42	21	87

Kosten voor het verkrijgen van 1 onbespeelbare periode per seizoen

2	100	0	57	0	0	21	78
3	120	0	38	12	0	21	71
5	140	0	26	12	0	21	<u>59</u>
6	100	10	19	0	42	21	82
8	120	10	14	12	42	21	89
10	140	10	13	12	42	21	88

Kosten voor het verkrijgen van 0,5 onbespeelbare perioden per seizoen

2,5	140	0	53	12	0	21	<u>88</u>
4	100	10	29	0	42	21	92
7	120	10	16	12	42	21	91
9	140	10	15	12	42	21	90

Kosten voor het verkrijgen van 0,2 onbespeelbare perioden per seizoen

5	120	10	23	12	42	21	98
7,5	140	10	18	12	42	21	<u>93</u>

Kosten voor het verkrijgen van 0,1 onbespeelbare perioden per seizoen

5	140	10	26	12	42	21	<u>101</u>
---	-----	----	----	----	----	----	------------

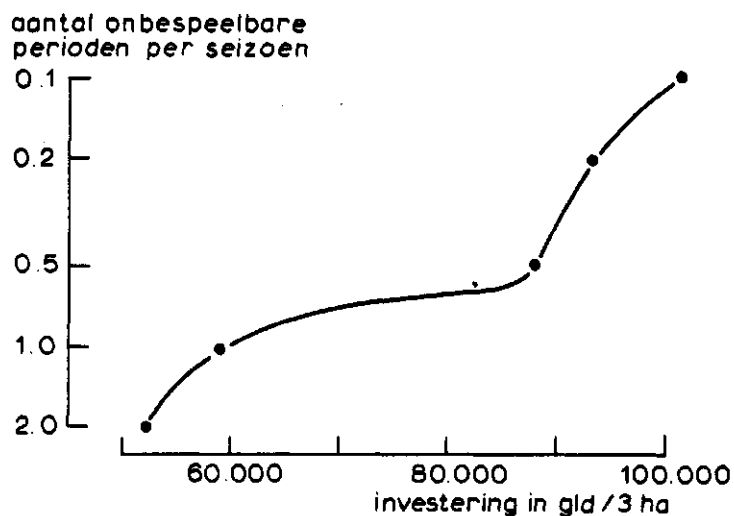


Fig. 10. Relatie tussen resultaat en kosten van de verbeteringsplannen

De minst dure oplossingen zijn onderstreept. Deze kostenvergelijking resulteert in 5 alternatieve plannen, waarvan kosten en resultaat zijn afgebeeld in fig. 10. Deze plannen zijn opgenomen in het laatste hoofdstuk: conclusies en aanbevelingen.

#### VERBETERING DOOR VERLAGING VAN DE STIJGHOOGTE VAN HET DIEPE GRONDWATER

Een van de oorzaken van de wateroverlast op het terrein is het voorkomen van kwel. Dit is weliswaar geen belangrijke oorzaak; door de kwel weg te nemen ontstaat nauwelijks verbetering. Maar men zou ook een negatieve kwel in het leven kunnen roepen, zodat deze bijdraagt aan de waterafvoer in plaats van aan de wateraanvoer. Wellicht is het mogelijk de negatieve kwel, wegzijging genaamd, zo groot te maken dat geen drainage meer nodig is. Dan hoeft het terrein niet overnieuw te worden ingezaaid en dan is het dus ook niet 2 jaar buiten gebruik.

Wegzijging kan worden bereikt door uit de goed doorlatende ondergrond water weg te pompen. De stijghoogte van het diepe grondwater ( $H$  in formule 4 en 5) wordt daardoor lager. Daardoor ontstaat een positief verschil in potentiaal tussen de schijnspiegel  $S$  en het



diepe grondwater H. De daardoor af te voeren hoeveelheid neerslag n bedraagt dan

$$n = \frac{S - H}{v + c} \quad (7)$$

In deze formule wordt voor c = 160 dagen gebruikt, omdat dit de maximale waarde is uit de pompproef; v = 80 dagen. Het bergend vermogen wordt weer bepaald vanuit de evenwichtstoestand van 2 mm/dag.

Tabel 7. Bergend vermogen in mm en maximale afvoer in mm/dag als functie van de stijghoogte van het diepe grondwater en bezandingsdikte, rekening houdend met bestaande drainage op 30 cm diepte

Stijghoogte diepe grond- water cm-mv	Bergend vermogen bij			Afvoer bij schijnspiegel 30 cm-mv bij			
	0	5	10 cm zand	0	5	10	cm zand
100	24	32	41	2,9	3,6	4,3	
120	31	40	51	3,7	4,5	5,2	
140	37	50	56	4,6	5,3	6,0	
160	40	51	61	5,4	6,1	6,8	
180	41	51	63	6,3	7,0	7,7	
200	42	52	64	7,1	7,8	8,5	
220	42	52	64	7,9	8,6	9,3	

In tabel 7 staan de afvoersnelheden en het bergend vermogen voor bezandingsdikten van 0,5 en 10 cm. Bezanding is hier ingevoerd omdat het effect daarvan in het voorgaande zo groot is gebleken. Het is mogelijk om jaarlijks 1 cm zand over de bestaande grasmat te strooien, zodat in 5 jaar een bezandingsdikte van 5 cm is bereikt zonder dat nieuw gras hoeft te worden ingezaaid en zonder dat het veld tijdelijk onbruikbaar is.

De gegevens van deze tabel zijn op een grafiek gebracht tesamen met de regenduurlijnen van 0,2; 0,5; 1; 2; 5 en 10 maal per seizoen.

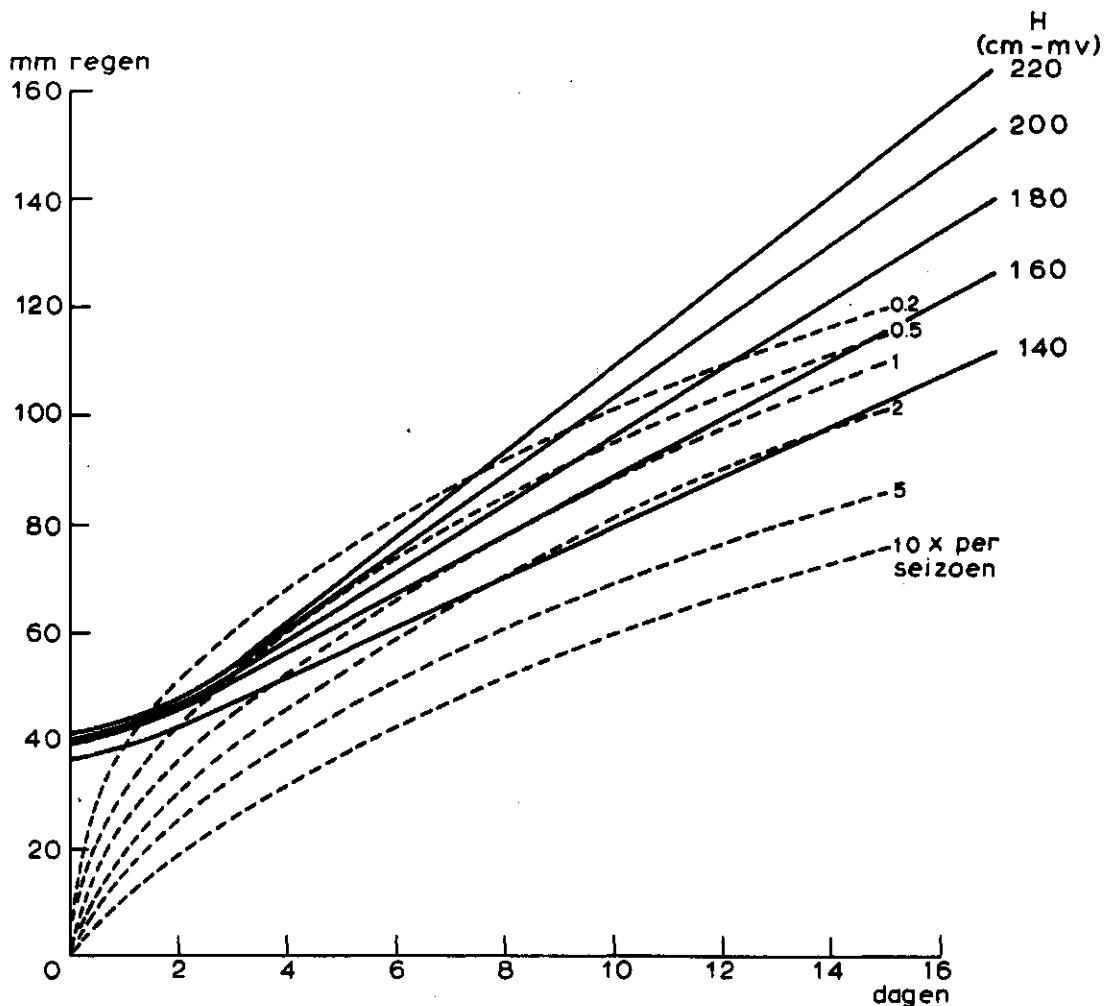


Fig. 11. Regenduurlijnen en afvoerlijnen bij wegpompen van het diepe grondwater tot een stijghoogte H

Uit fig. 11 blijkt dat men zonder bezanding een resultaat kan bereiken van 0,5 onbespeelbare perioden per seizoen. Dit is al een zeer behoorlijk resultaat, waarvoor men bij verbetering door drainage 63 000 gld moet betalen. Dit wordt bereikt bij een stijghoogte van het diepe grondwater tot 200 cm onder maaiveld. Een nog groter resultaat is met deze methode niet mogelijk, omdat het bergend vermogen tekort schiet. Zonder bezanding is dit namelijk maximaal 42 mm. Voor het bereiken van slechts 0,1 of 0,2 onbespeelbare perioden per seizoen moet een bezanding worden aangebracht. Uit fig. 12 blijkt dat 0,2 onbespeelbare perioden per seizoen reeds bereikt worden bij 5 cm

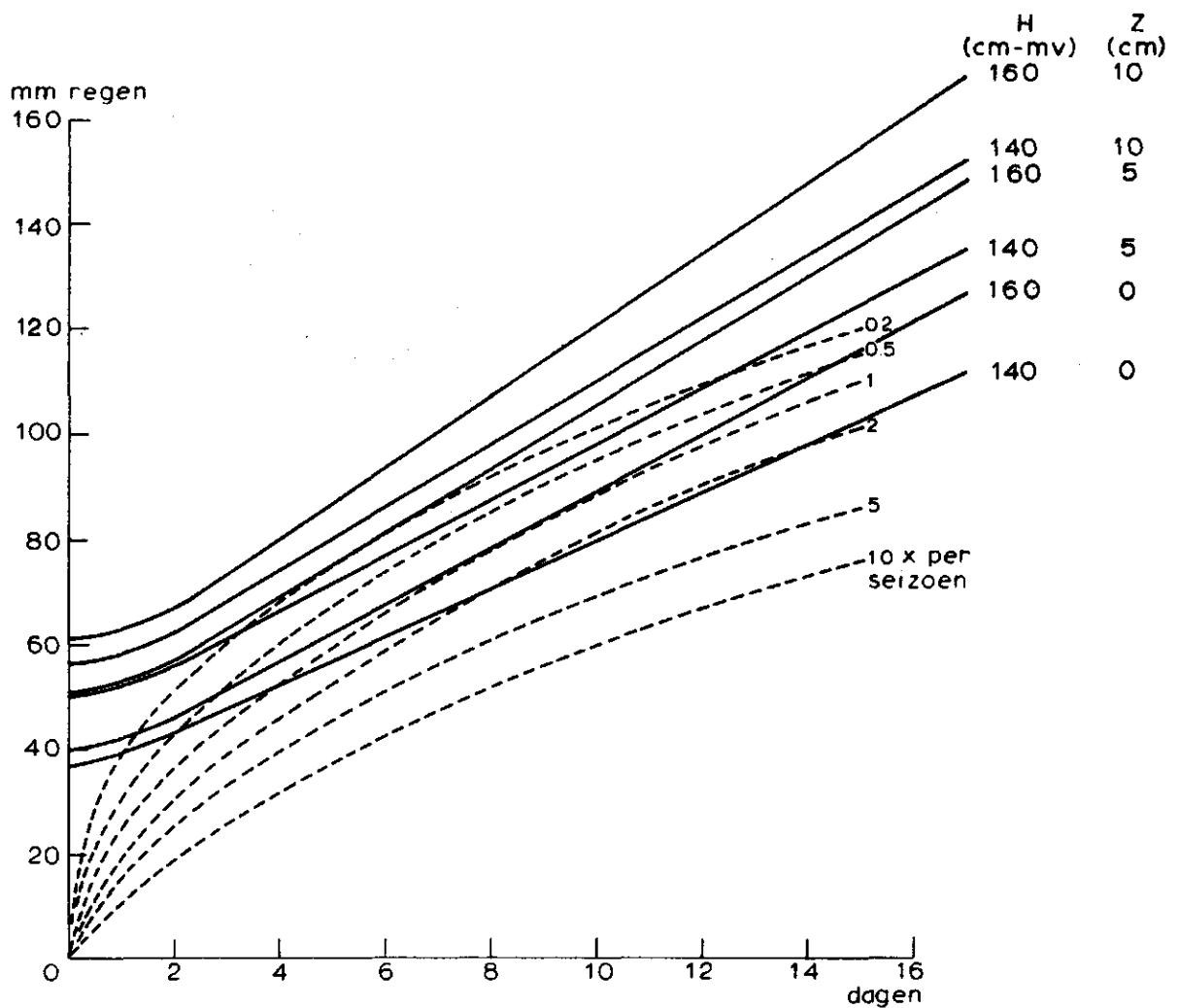


Fig. 12. Regenduur- en afvoerlijnen bij wegpompen van het diepe grondwater tot stijghoogte H en bezanding (z) met 0; 5 en 10 cm

bezanding en een stijghoogte van het diepe grondwater van 160 cm onder maaiveld.

#### BEÏNVLOEDING VAN HET DIEPE GRONDWATER DOOR POMPEN

Om te kunnen berekenen welke invloed het oppompen van water uit de ondergrond heeft op de stijghoogte moet men weten hoe snel het water kan toevloeien. Daarvoor is een pompproef uitgevoerd op 7 okto-

ber 1971. Door de opgepompte hoeveelheid te meten en te vergelijken met de waterstandsverlagingen op diverse afstanden van de put is het mogelijk dit doorlatend vermogen ( $kD$ ) te bepalen. Ook vindt men de weerstand van de lagen boven het diepe grondwater ( $c$ ). Doordat de motor van de pomp veel lawaai maakte is de proef ontijdig beëindigd door omwonenden. De waarde van  $c$  kon daardoor niet geheel correct worden bepaald; deze ligt tussen 120 en 160 dagen. In deze nota is steeds met de ongunstigste waarde rekening gehouden. De waarde van  $kD$  bleek te zijn  $299 \text{ m}^2/\text{dag}$ . Deze waarde is niet hoog; dat heeft tot gevolg dat de verlagingen van de waterstand door pompen zich niet ver uitstrekken.

De verlaging van de stijghoogte van het diepe grondwater,  $S_m$ , in afhankelijkheid van de afstand tot de pomp,  $r$ , wordt als volgt berekend:

$$S_m = \frac{Q}{2\pi kD} K_0\left(\frac{r}{\sqrt{kD(c+v)}}\right) \quad (8)$$

Hierin is  $Q$  de uitgepompte hoeveelheid,  $K_0\left(\frac{r}{\sqrt{kD(c+v)}}\right)$  is de Besselfunctie van de verhouding tussen afstand  $r$  en de wortel uit het product van  $kD$  en de totale weerstand van de bovenlagen ( $c+v$ ). Alles wordt ugedrukt in m,  $\text{m}^3$  en dagen, voor zover nodig.

Fig. 13 laat zien hoe het verband is tussen de verlaging en de afstand tot een pompput als die op het hockeyveld zou zijn geplaatst. Een belangrijke verlaging wordt slechts in een cirkel van betrekkelijk kleine omvang bereikt. Daarom is het beter meer dan één pomp te plaatsen. Fig. 14 geeft een voorbeeld van de verlagingen op het gehele terrein wanneer vier pompen dagelijks ieder  $500 \text{ m}^3/\text{dag}$  onttrekken. Dan wordt een toestand bereikt waarbij de verlaging tenminste 120 cm is. Uitgaande van een stijghoogte gelijk aan maaiveld is dat nog niet voldoende, maar de grootste stijghoogten komen juist voor in februari tot april; dan zijn de neerslaghoeveelheden juist vrij klein. De pompen hoeven niet het hele jaar te werken. Ze moeten er slechts voor zorgen dat de stijghoogte van het diepe grondwater

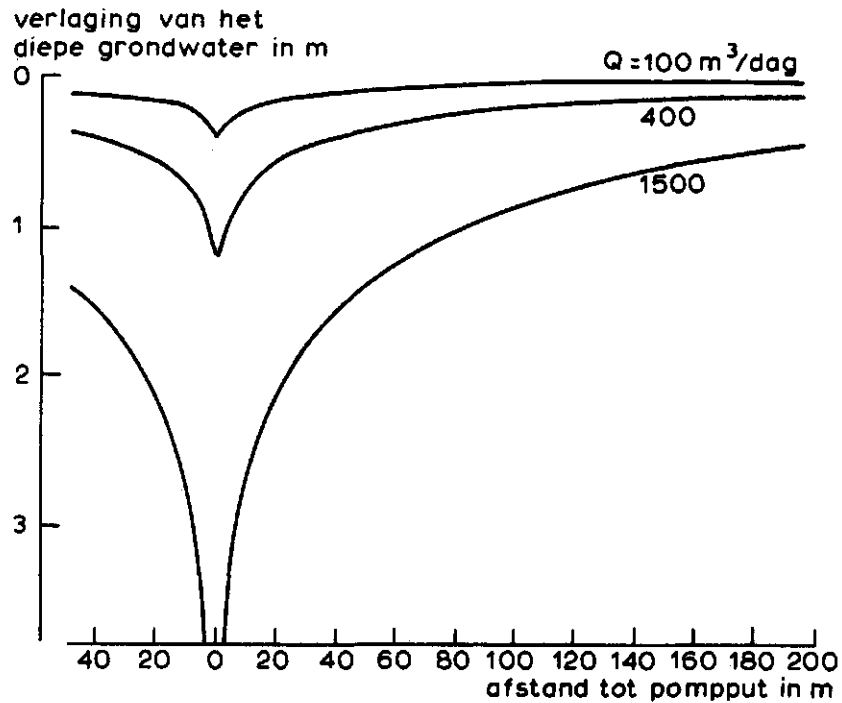


Fig. 13. Verlaging van de stijghoogte van het diepe grondwater in afhankelijkheid van de afstand tot de pompput en de per dag uitgepompte hoeveelheid water

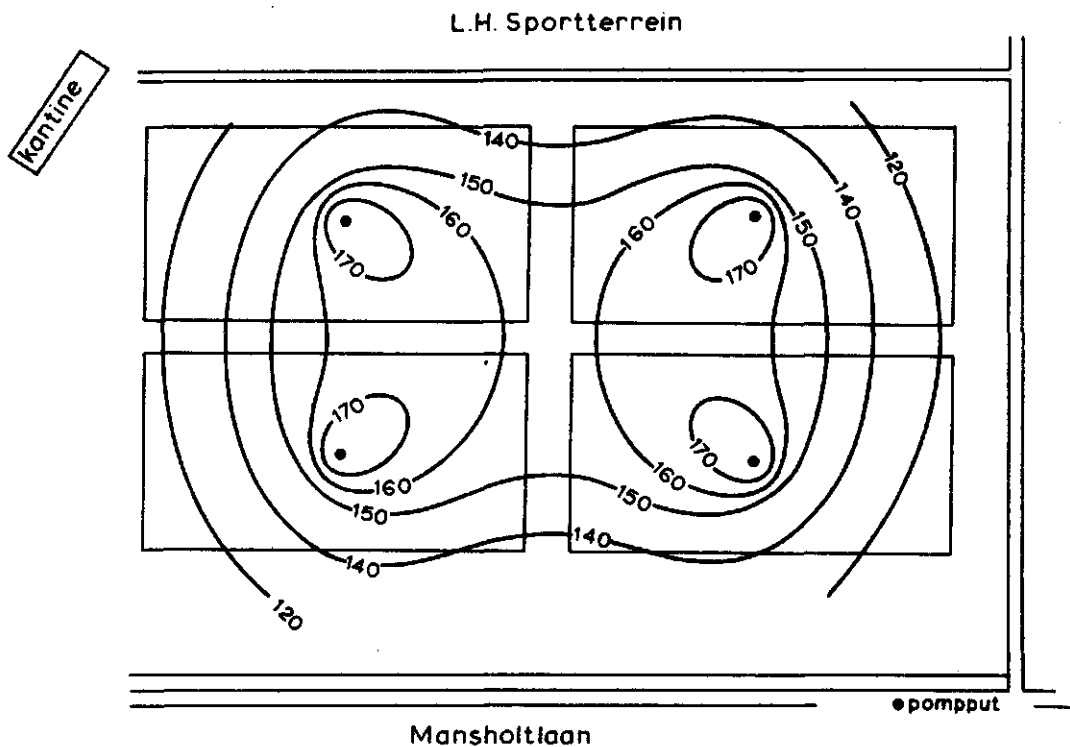


Fig. 14. Verlaging van het diepe grondwater als gevolg van onttrekking van  $500 \text{ m}^3/\text{dag}$  uit elk van de aangegeven pompputten

niet boven 1.60 m onder maaiveld komt. In de zomer neemt de verdamping zo veel water weg, dat de pompen meestal gestopt kunnen worden. In de winter zal ook niet steeds gepompt hoeven te worden; dat hangt af van de hoeveelheid neerslag. De pompen kunnen het best automatisch worden bediend door een vlotter in een centraal geplaatste stijgbuis.

De zuigputten kunnen in de speelvelden worden geplaatst; het water kan door een ondergrondse leiding worden afgevoerd, zodat de beschadiging van de grasmat minimaal is. Wanneer het water in de afvoersloot gestort wordt moet de bodem ondoorlatend worden gemaakt opdat het water niet weer infiltreert.

De op te pompen hoeveelheden zijn nogal groot. De pompcapaciteit uit het voorbeeld is voldoende voor de drinkwatervoorziening van een stad met 10 000 inwoners. Het ware te overwegen of het gemeentelijk waterleidingbedrijf dit water zou kunnen gebruiken. In dat geval zou reeds in een zeer vroeg stadium van de voorbereiding overleg moeten worden gepleegd. De wijze van uitvoering, het pompregime, de waterafvoer en de kosten van het project zouden door dit overleg in belangrijke mate kunnen worden beïnvloed.

Zonder medewerking van de waterleiding zullen de kosten ongeveer 20 000 gld bedragen, waarvan 4000 gld voor de 4 pompputten, 5000 gld voor afleiding stijgbuizen naar pomphuis, 3000 gld voor kabel, 4000 gld voor pomp en pomphuis. De jaarlijkse pompkosten zullen 300 à 400 gld bedragen.

#### ANDERE VERBETERINGSMETHODEN

Behalve de genoemde verbeteringsmethoden, drainage, bezanding, wegpompen van water, zijn nog andere methoden denkbaar. Deze hebben betrekking op verlaging van de verticale weerstand, die nu 80 dagen is.

Door de leemlaag te verwijderen zou men inderdaad een makkelijker te draineren profiel krijgen. De kosten zullen echter hoog zijn; per m<sup>3</sup> af te graven en af te voeren grond meer dan 4 gld; totaal 48 000 gld plus nog de kosten van terugzetten van de bovengrond, af-

egaliseren en drainage. In totaal zal het duurder worden dan de beste oplossing met drainage en bezanding.

Door middel van een diepploeg kan het profiel zodanig veranderd worden dat de leemlaag minder storend wordt. Door te ploegen tot 120 cm kan men het profiel een structuur geven waar in verticale richting afwisselend wel en geen leemlaag voorkomt. Theoretisch zou daardoor de verticale weerstand tot nul gereduceerd kunnen worden; praktisch vindt er altijd enige vermenging plaats, zodat niet kan worden voorspeld wat de weerstand zal worden. Bovendien is er het risico dat het leemhoudende zand, dat nu een doorlaatfactor van 18 cm/dag heeft, na de bewerking slecht doorlatend wordt. Dan zou de verticale weerstand toenemen in plaats van afnemen.

Zou men er inderdaad in slagen de verticale weerstand tot bijna nul te reduceren, dan zou een drainage op 7,5 m afstand en 1 m diepte voldoende zijn voor 0,1 onbespeelbare periode per jaar. Men zou dan hetzelfde resultaat hebben als met bezanding voor 101 000 gld kan worden verkregen voor de prijs van 37 000 gld plus de diepploegkosten. Hoewel diepploegen dus heel aantrekkelijk lijkt zijn er speciaal op lemige gronden al zo veel mislukkingen voorgekomen, dat het risico te groot moet worden geacht.

Het maken van gaten in de leemlaag door middel van een handboor en deze opvullen met grind kan een middel zijn om natte plekken te verbeteren indien de ontwatering eerst goed is geregeld. Die plekken zouden kunnen ontstaan op plaatsen waar de weerstand van de leemlaag veel groter is dan 80 dagen. Met grind opgevulde boorgaten kunnen bij een schijnspiegel op 10 cm onder maaiveld vrij veel water afvoeren als er voldoende aanwezig zijn.

Tabel 8. Maximale afvoersnelheden door boorgaten van 6 cm diameter door de leemlaag, bij een stand van de schijnspiegel van 10 cm onder maaiveld, midden tussen de boorgaten

Aantal gaten per 100 m <sup>2</sup>	Afvoersnelheid in mm/dag
10	1,6
25	4,6
50	10,1

Deze gatenmethode is alleen geschikt om plaatselijk toe te passen; voor een algehele verbetering is ze niet geschikt omdat ze te duur is en te hoge waterstanden vereist voor voldoende afvoer.

#### CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

1. De wateroverlast op de hockeyvelden is het gevolg van een zeer onvoldoende drainage. De afvoerintensiteit bedraagt minder dan 15% van de norm die voor sportvelden geldt.
2. Een drainage, die wel aan de norm voldoet, is praktisch niet te verwezenlijken doordat in het profiel een zeer slecht doorlatende leemlaag voorkomt.
3. Het verwijderen van de leemlaag of van zijn storende werking is uiterst kostbaar of zeer riskant; in de verbeteringsplannen is het daarom niet toegepast. Daardoor blijven alle hieronder genoemde plannen onder de bekende norm.
4. Het resultaat van de verbeteringsplannen is aangegeven in het aantal onbespeelbare perioden per jaar. Een onbespeelbare periode is gedefinieerd als een periode, waarin de schijngrondwaterspiegel hoger komt dan 30 cm onder maaiveld. De lengte van een onbespeelbare periode is ongeveer een week, omdat de nu reeds aanwezige drainage als een extra veiligheidsklep functioneert.
5. Er zijn 7 alternatieve plannen opgesteld:
  - Plan 1. Drainage op 100 cm diepte en 3 m afstand. Veld vlak maken en overnieuw inzaaien. Resultaat: 2 onbespeelbare perioden per seizoen, kosten 52 000 gld.
  - Plan 2. Drainage op 140 cm diepte en 5 m afstand. Sloot uitdiepen en onderbemalen, veld vlak maken en opnieuw inzaaien. Resultaat: 1 onbespeelbare periode per seizoen, kosten 59 000 gld.
  - Plan 3. Drainage op 140 cm diepte en 2,5 m afstand. Sloot uitdiepen en onderbemalen, veld vlak maken en overnieuw inzaaien. Resultaat: 0,5 onbespeelbare perioden per seizoen, kosten 88 000 gld.
  - Plan 4. Drainage op 140 cm diepte en 7,5 m afstand. Bezanden met 10 cm humusarm zand, sloot uitdiepen en onderbemalen, veld vlak



maken en overnieuw inzaaien. Resultaat: 0,2 onbespeelbare periodes per seizoen, kosten 93 000 gld.

Plan 5. Drainage op 140 cm diepte en 10 m afstand. Bezanden met 10 cm humusarm zand, sloot uitdiepen en onderbemalen, veld vlak maken en overnieuw inzaaien. Resultaat: 0,1 onbespeelbare periode per seizoen, kosten 101 000 gld.

6. Plan 6 bestaat uit het aanbrengen van 4 pompputten, uit elk waarvan 500 m<sup>3</sup> water per dag kan worden gepompt. Er wordt geen drainage aangelegd, de grasmat blijft nagenoeg onbeschadigd. Resultaat: 1 onbespeelbare periode per seizoen, kosten 20 000 gld.

Plan 7 is gelijk aan plan 6 met een jaarlijkse bezanding met 1 à 1,5 cm over de bestaande grasmat. Daardoor kan in 4 jaar een zanddikte van 5 cm worden aangebracht. Resultaat: 0,2 onbespeelbare periode per seizoen, kosten 40 000 gld.\*

7. Bij de berekening van het resultaat van de plannen is geen veiligheidsmarge gebruikt. Daarmee moet bij de besluitvorming rekening worden gehouden. Dit zou kunnen gebeuren door een bedrag te reserveren waarmee de bezandingsdikte in een aantal jaren kan worden vergroot.
8. De plannen 6 en 7 zijn veel goedkoper dan de plannen 1 tot 5. Ze hebben bovendien het voordeel, dat het veld in het geheel niet buiten gebruik hoeft te worden gesteld. Omdat het onconventionele plannen zijn is er geen ervaring mee opgedaan; daardoor is er een zeker extra risico van onvoldoende functionering.
9. De keuze tussen de alternatieven berust niet bij de ontwerper, doch bij de beleidsinstanties. Deze vergelijken het rendement van de investering met dat uit andere investeringen. Bij een amateurvereniging is de bepaling van het rendement niet op exacte wijze mogelijk.

\*waarvan dus f 20 000 over 4 begrotingsjaren worden verdeeld