

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING

NOTA 448, d. d. 6 maart 1968

Bergend vermogen en drainagecriterium

J. Wesseling

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.



0000 0728 7804

stand volgt. Blijft over de vraag, welke grondwaterstand men met een vooraf bepaalde overschrijdingskans wil toelaten.

Het verband tussen het stationnaire criterium en het niet-stationnaire verloop van de grondwaterstand

Men kan zich nu afvragen wat het stationnaire drainagecriterium voor betekenis heeft voor het optreden van bepaalde grondwaterstanden. Hiervoor moet de stationnaire oplossing van het drainageprobleem worden vergeleken met de niet-stationnaire. Voor de eerste soort oplossing kunnen we vooralsnog de eenvoudigste formule van Hooghoudt nemen, namelijk:

$$s = \frac{8 k d m}{L^2} \quad (1)$$

waarin

s = de afvoer in m/dag

k = doorlaatfaktor van de grond in m/dag

d = dikte equivalentlaag gegeven als functie van de diepte van de ondoorlatende laag, de drainafstand L en de diameter van de drains of sloten

m = opbolling midden tussen de drains in meters

L = drainafstand in meters

De niet-stationnaire oplossing voor een constante neerslag intensiteit R is om de grondwaterstand midden tussen de drains y

$$y(t) = \frac{4}{\pi} \frac{j}{p} R \sum_{n=1, -3, 5}^{\infty} \frac{1}{n^3} (1 - e^{-n^2 t/j}) \quad (2)$$

waarin de reservoircoëfficiënt j wordt voorgesteld door

$$j = \frac{p L^2}{\pi^2 k d} \quad (3)$$

Voorts stelt p de bergingsfaktor of het effectief poriënvolume voor.

In werkelijkheid worden niet alle gevallen gedekt door de vergelijkingen (1) en (2). Voor gevallen dat de ondoorlatende laag ondiep in het profiel zit, moet aan de rechterhelft van (1) een term $\frac{4 k m^2}{L^2}$ worden toegevoegd. De oplossing (2) is in dit geval minder juist vooral voor hogere waarden van yR en daardoor van y. Van deze complicaties kan echter voorlopig worden afgezien,

Inleiding

Bij het berekenen van drainafstanden wordt doorgaans gebruik gemaakt van zogenaamde stationnaire drainageformules. Toepassing van dergelijke formules maakt invoeren van een criterium noodzakelijk. Dit criterium houdt in, dat bij een bepaalde afvoer de grondwaterstand niet mag stijgen boven een bepaald niveau. In Nederland wordt voor dit criterium doorgaans een afvoer van 7 mm/etm genomen, waarbij de grondwaterstand tot 50 cm respectievelijk 40 cm beneden maaiveld mag stijgen voor respectievelijk bouwland en grasland.

Het boven omschreven criterium wordt toegepast op alle grondsoorten en bij elke drainagediepte. Het houdt dus geen rekening met de mogelijkheid van verschillen in berging in verschillende grondsoorten. Berekeningen met niet-stationnaire stromingsoplossingen tonen echter aan, dat de grondwaterstand in niet geringe mate wordt beïnvloed door de berging van water in de grond.

De vraag is nu, in hoeverre men bij het ontwerp van een drainage-systeem rekening moet houden met de bergingsmogelijkheden in het profiel. In dit verslag zal getracht worden een antwoord op deze vraag te geven.

De grondwaterstand in gedraineerde percelen

Stationnaire drainageformules geven alleen de mogelijkheid om voor elk systeem de grondwaterstand te berekenen bij een vooraf te stellen afvoer. Ze geven dus geen uitsluitsel omtrent de werkelijk optredende afvoeren en grondwaterstanden. Een benadering hiervan is alleen mogelijk met pseudo-stationnaire en niet-stationnaire stromingsoplossingen. Dit soort oplossingen levert de mogelijkheid om van elke voorkomende regenval de daaruit voortvloeiende afvoer en grondwaterstand te berekenen.

Wil men dit soort oplossingen gebruiken om een voorspelling te doen omtrent de te verwachten grondwaterstanden dan ontkomt men niet aan de moeilijkheid, dat men een zekere verwachtingswaarde voor de neerslag in moet voeren. Dit houdt automatisch in, dat een zekere verdeling van de neerslag over achtereenvolgende dagen moet worden aangenomen. Het berekenen van een zekere grondwaterstand uit vooraf gekozen neerslagfrequentie en -verdeling hoeft dus nog niet met de werkelijkheid overeen te komen. DE JAGER (1965) omzeilt dit probleem door voor verschillende ontwateringsintensiteiten gekarakteriseerd door j -waarden, de waterstand te berekenen uit werkelijk voorgekomen neerslagen. Op de resultaten hiervan is door hem een frequentieanalyse toegepast, waaruit dan een verwachtingswaarde voor de grondwater-

omdat het ons hier te doen is om een vergelijking van beide oplossingen.

Voor het berekenen van drainafstanden worden door toepassing van het drainagecriterium in vergelijking (1) waarden gesteld voor s en m . Volgens deze vergelijking heeft men dus

$$\frac{s}{m} = \frac{8 kd}{L^2} \quad (4)$$

Vergelijking (2) werd door De Jager (1965, fig. 18) gebruikt om voor verschillende waarden van j grondwaterstanden te berekenen door invoeren van werkelijk waargenomen neerslagen uit de winterperioden 1913 tot 1965. De door De Jager gegeven resultaten van de frequentieanalyse zijn weergegeven in fig. 1. Het blijkt nu, dat voor elke frequentie met goede benadering geldt

$$j = a(py)^b \quad (5)$$

waarin de constanten a en b afhangen van de gekozen frequentie.

Vergelijkt men nu (3) met (4), dan volgt hieruit, dat voor de frequenties weergegeven in fig. 1 de j -waarden kunnen worden vervangen door gebruik te maken van de betrekking

$$\frac{s}{m} = \frac{8 kd}{L^2} = \frac{8}{\pi^2} \cdot p \frac{\pi^2 kd}{pL^2} = \frac{8}{\pi^2} \frac{p}{j} \quad (6)$$

Invullen van (5) en (6) geeft nu, dat voor elke frequentie het drainagecriterium afhangt van de bergingsfaktor volgens

$$\frac{s}{m} = \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{1}{a} p^{1-b} y^{-b} \quad (7)$$

Het blijkt nu van de waarde van b af te hangen, in hoeverre de bergingsfaktor in rekening mag worden gebracht in het drainagecriterium. Uit fig. 1 vallen de b -waarden weergegeven in tabel I te berekenen.

Tabel I. Waarden van b (hellingstangens van de lijnen) in fig. 1, afhankelijk van de gekozen frequentie

overschrij- dingskans	0,1	0,2	0,33	1	5	10	30	maal per jaar
b -waarde	1,86	1,77	1,69	1,58	1,42	1,33	1,13	

Het effect van de berging wordt dus groter, naarmate men zeldzamer voorkomende grondwaterstanden beschouwt. Verandert de berging met een faktor twee, dan zal het criterium gemiddeld een faktor 0,62 maal zo groot mogen worden gekozen. De laatste faktor ligt echter tussen 0,55 en 0,90 afhankelijk van de gekozen overschrijdingskans.

Vergelijking (7) geeft van elke overschrijdingskans het verband tussen het stationnaire criterium $\frac{s}{m}$ enerzijds en de hoogte van de waterstand y en de bergingsfaktor p anderzijds. Met behulp van de uit fig. 1 af te lezen b -waarden kunnen nu echter ook de drie genoemde factoren op een andere wijze worden uitgezet. Dit is gedaan in fig. 2. Met behulp van deze figuur is voor elk criterium $\frac{s}{m}$ en gegeven p -waarde direct de hoogte van de waterstand af te leiden.

Betekenis van het huidige criterium

Opgemerkt dient te worden, dat het criterium $\frac{s}{m}$ afhangt van de draaindiepte, omdat de noemer afhankelijk is van deze faktor. Bij een geringere draaindiepte wordt $\frac{s}{m}$ kleiner, doch zal ook een kleinere drainafstand en daardoor een kleinere j -waarde worden gerealiseerd. Hoe deze factoren samenhangen zal nader worden gezien.

Voor de beantwoording van de vraag, welke overschrijdingskans van de grondwaterstand bij het huidige criterium van 7 mm/etm bij een grondwaterstand van 50 cm beneden maaiveld behoort, kunnen uit fig. 2 de in tabel II gegeven waarden worden afgelezen, mits verondersteld wordt dat de gemiddelde draaindiepte 1 meter is.

Tabel II. Overschrijdingen van waterstanden bij gegeven frequentie en berging overschrijdingskans

overschrijdingskans	15	1	0,1 maal/jaar
berging $p = 0,02$	0,38	1,05	1,75
$p = 0,05$	0,32	0,70	1,15
$p = 0,08$	0,31	0,63	0,92
$p = 0,10$	0,29	0,58	0,982

Vanzelfsprekend zijn de waarden boven 1,0 meter arbitrair omdat dan in wezen de berekeningen niet meer opgaan. Wel mag gesteld worden, dat dan inundatie optreedt. Dit hoeft echter niet altijd het geval te zijn, omdat in de afleiding van de stromingsoplossing gewerkt is met een constante waarde van p , terwijl bekend is dat voor de meeste gronden de berging in de bouwvoor groter is. Stelt men het bergend vermogen van een goede kleigrond op ongeveer 0,05, dan zal deze grond dus bij het huidige criterium zo ongeveer eens per 10 jaar een grondwaterstand nabij of boven het maaiveld geven.

Bovenomschreven werkwijze geeft geen criterium voor de drainage eis. Men kan echter ook nagaan, hoe het criterium moet zijn voor een gegeven maximale grondwaterstand. Er wordt wel gesteld, dat hoge grondwaterstanden geen schade aanrichten, mits zij maar beneden de bouwvoor blijven. Uitgaande van een draindiepte van 1 meter zou dit neerkomen op een y -waarde van ongeveer 75 cm. Stellen we, dat deze waterstand niet vaker dan eens per jaar mag worden overschreden, dan komt men tot tabel III.

Tabel III. Vereiste criteria voor een draindiepte van 1 meter, mits de waterstand niet vaker dan eens per jaar mag stijgen boven 75 cm

berging p	s/m	s in mm/etm voor $m = 0,5$ meter
0,01	0,038	19
0,02	0,024	12
0,03	0,019	8,5
0,04	0,016	8
0,05	0,014	7
0,06	0,013	6,5
0,07	0,0115	5,65
0,08	0,0105	5,25
0,09	0,0100	5
0,10	0,0093	4,65

In een goede kleigrond met $p = 0,05$ zou het huidige criterium juist voldoen aan bovengenoemde eis. Tevens geeft de tabel een indruk, hoe de afvoer mag worden verminderd of moet worden vermeerderd voor grotere respectievelijk kleinere bergingsfactoren.

De invloed van de drainagediepte

Reeds eerder is opgemerkt, dat het in dit rapport toegepaste criterium $\frac{s}{m}$ afhangt van de draindiepte. Nu wordt vaak de opvatting verkondigd, dat grote draindiepten aanleiding zullen geven tot een minder streng criterium, omdat in dit geval de kans op overschrijding van een bepaalde grondwaterstand kleiner is door de grotere bergingscapaciteit in het profiel. Dit is echter niet zonder meer waar, omdat grotere draindiepten bij het ontwerp leiden tot een grotere waarde van m en dus tot een grotere drainafstand. Hierdoor is de j -waarde groter en de afstroming verloopt langzamer. Uit fig. 1 valt af te leiden dat dan de kans op een overschrijding van een zekere waterstand door de grotere j -waarde ook groter wordt.

Om het werkelijke effect van de draindiepte op het criterium na te gaan, kan men uitgaan van een aantal hypothetische diepten en de voor deze gevallen geldende s/m waarden uitrekenen. Daarnaast kan men uit de reeds eerder genoemde eis dat de waterstand niet vaker dan eens per jaar hoger mag stijgen dan 25 cm beneden maaiveld een $\frac{s}{m}$ waarde afleiden uit vergelijking (7) of aflezen uit fig. 2. Het resultaat is gegeven in tabel IV.

Tabel IV. $\frac{s}{m}$ criteria bij een berging $p = 0,05$ voor verschillende draindiepten bij een grondwaterstand die niet vaker dan eens per jaar boven 0,25 meter beneden maaiveld stijgt

draindiepte	$s = 0,007 \text{ m/etm}$ $m = 0,5 \text{ m} - mV$ s/m	s/m uit fig. 2
0,70	0,035	0,033
0,80	0,023	0,023
0,90	0,018	0,018
1,00	0,014	0,014
1,10	0,0117	0,0115
1,20	0,0100	0,0096
1,30	0,0087	0,0082
1,40	0,0078	0,0070
1,50	0,0070	0,0062

Uit deze tabel blijkt, dat de grotere bergingsmogelijkheid in het profiel bij grotere draindiepten juist opgeheven wordt door het feit dat in het stationnaire criterium een grotere draindiepte gepaard gaat met een grotere

waarde van m . Met andere woorden betekent dit, dat het stationnaire criterium, althans voor gemiddelde Nederlandse omstandigheden een zelfde overschrijdingskans van de grondwaterstandsdiepte geeft, onafhankelijk van de draandiepte.

De invloed van de berging op het drainagecriterium

Volgens vergelijking (6) hangt het drainagecriterium lineair af van de bergingsfaktor. Dit resultaat werd ook door VISSER)^{*} gevonden. In het voorgaande is er echter reeds op gewezen, dat de mate waarin de berging moet worden verdisconteerd in het drainagecriterium afhangt van de keuze van de frequentie van overschrijding. Uit tabel III blijkt, dat het thans gebruikte criterium juist overeenkomt met een overschrijdingskans van de grondwaterstand van 0,25 meter beneden maaiveld bij een draandiepte van 1 meter en een bergend vermogen $p = 0,05$. Dit zou ervoor pleiten de overschrijdingskans op één maal per jaar vast te stellen. Men krijgt dan voor het verband tussen $\frac{s}{m}$ en p

$$\frac{s}{m} = c p^{-0,61} \quad (8)$$

waarbij c afhangt van de draandiepte. Voor verschillende draandiepten is dit verband weergegeven in fig. 3. Uit deze figuur valt direct af te leiden, welke reductie s/m moet ondergaan bij een gegeven bergingsfaktor.

Samenvatting en conclusies

Het berekenen van drainafstanden met behulp van stationnaire drainageformules eist de invoering van een criterium. Het blijkt, dat het in Nederland gebruikelijke criterium van een afvoer van 7 mm/etm bij een grondwaterstand van 0,5 meter beneden maaiveld overeenkomt met een overschrijdingskans van één keer per jaar van een grondwaterstandsdiepte van 0,25 meter beneden maaiveld bij een bergingsfaktor $p = 0,05$ en een draandiepte van 1 meter.

)^{*} VISSER, W. C. Wie beeinflusst das Speicherungsvermögen den Dränabstand. Zeitschrift für Kulturtechnik III (1962) 84-90

Voorts blijkt het bovengenoemde criterium dezelfde overschrijdingskans te geven voor verschillende draandiepten. Beperkt men de overschrijding tot eens per jaar, dan blijkt de invloed van de bergingsfaktor op het drainagecriterium te worden weergegeven door $p^{-0,61}$ (vergelijking 8).

Fig. 3 geeft de invloed van de bergingsfaktor op het drainagecriterium weer voor verschillende draandiepten. Een indruk over de invloed van de berging op de ontwerpaafvoer kan eveneens worden afgelezen uit tabel III.

fig.1

j in dagen

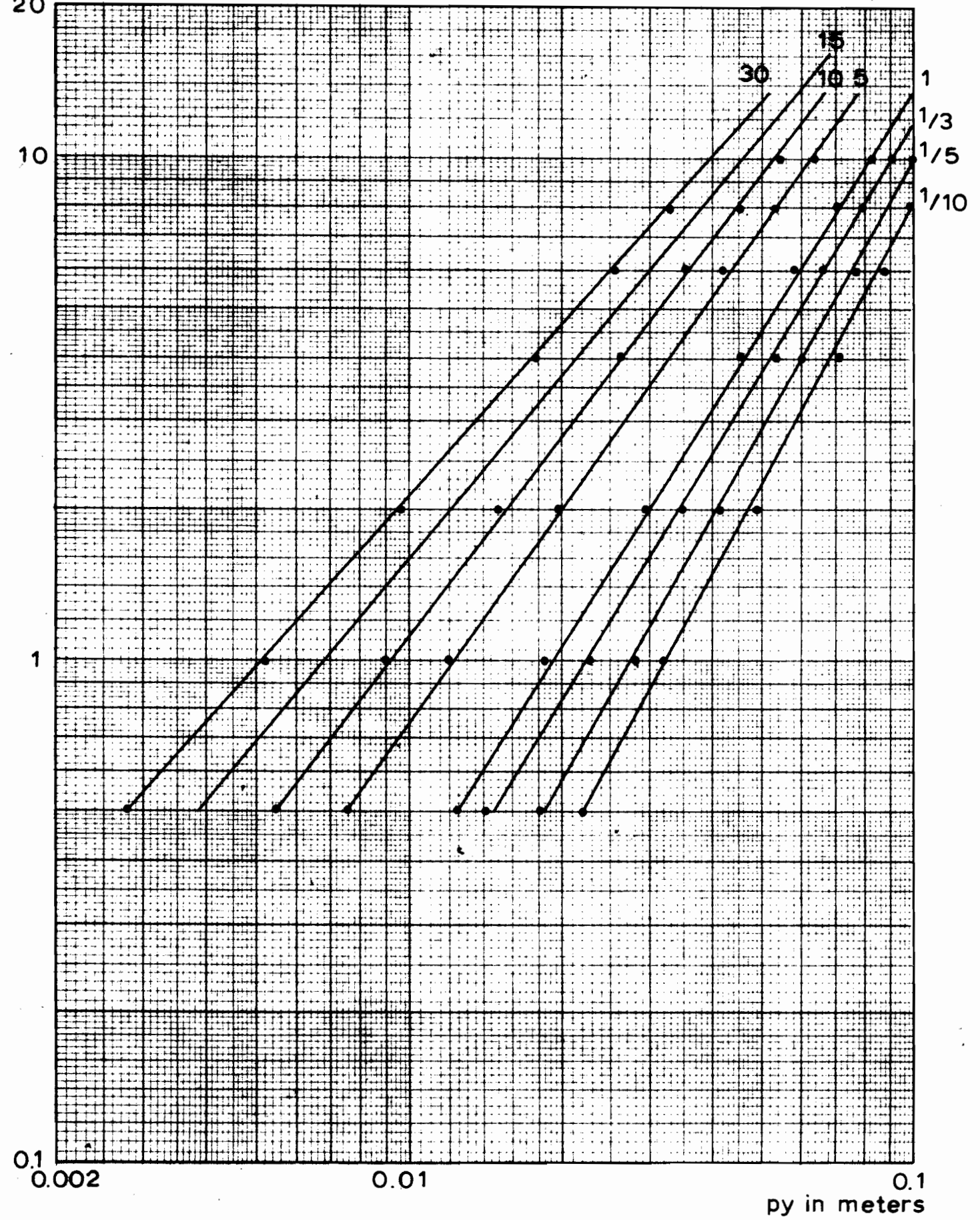
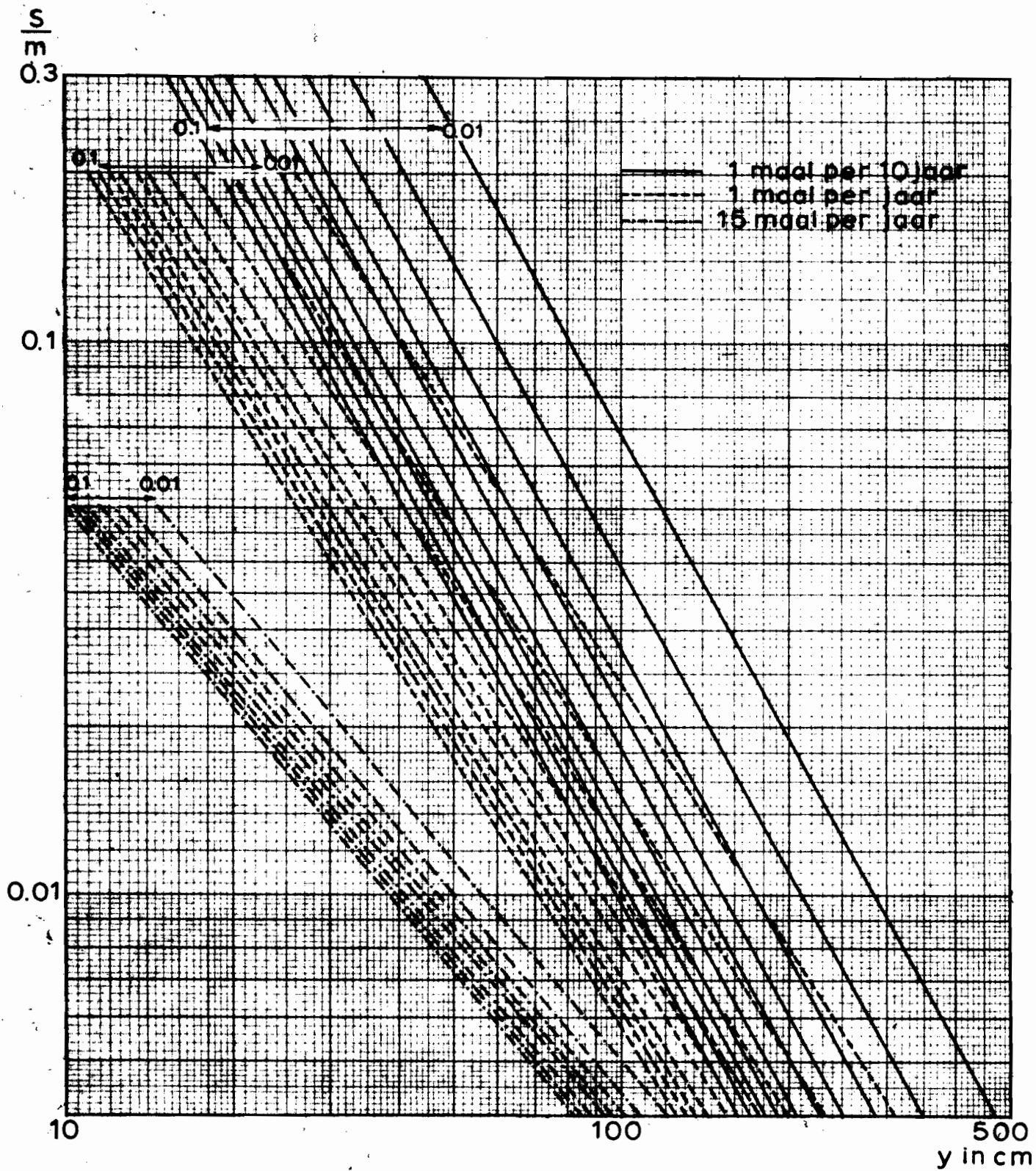


fig.2



overschrijdingskans: 1maal per jaar boven 0.25 m

