NN31545.0074

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING
NOTA no. 74 d.d. 30 maart 1961

BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

De verzakking van het talud van de water-aanvoersloot van het Proefbedrijf Vredepeel.

ir. J.J. Kouwe

BIBLIOTHEEK DE HAAFF
Droevendaalsesteeg 3a
6708 PB Wageningen

I. Inleiding

Tijdens het najaar van 1960 hebben zich in de wateraanvoersloot van de infiltratiekavel van het Proefbedrijf Vredepeel een aantal taludverzakkingen voorgedaan. Het najaar was bijzonder nat en er zijn enkele regenbuien van een abnormale intensiteit gevallen, welke mogelijk oorzaak kunnen zijn geweest van de genoemde moeilijkheden.

Het Bestuur van het Proefbedrijf heeft het nuttig geoordeeld om de problemen verbonden aan het herstel van de schade te laten bestuderen door een aantal deskundigen ten einde zich zo goed mogelijk te laten voorlichten bij de keuze van de wijze en methode van herstel.

De besprekingen onder voorzitterschap van ir.W.C.Visser werden bijgewoond door:

ir.H.A.J.Heyman, J.P.P.Janssen en M.W.G. Cox van de Provinciale Waterstaat van Limburg
ir.A.W.N.J.Crijns, ir.B.H.H.Muller en P.Stoffel van de Cultuurtechnische Dienst te Roermond
ir.A.J.Hellings en ir.J.J.Kouwe van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding te Wageningen.

Tijdens de eerste bespreking op 4 januari 1960 werd besloten de volgende gegevens te verzamelen.

1) de plaats en mate van inzakking van het talud (Prov.Waterstaat)
2) Grondwaterstanden in enige raaien loodrecht op de infiltratiesloot (Cult.Dienst)
3) Contrôle van de vangdrain die op 10 m afstand evenwijdig met de infiltratiesloot loopt. Het nemen van ongeroerde monsters ter bepaling van de doorlatenheid pF-curve en granulaire samenstelling (I.C.W.).

11 FEB. 1998

78/0361/100

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS
0000 0672 0912

II. Beschrijving van de omstandigheden tijdens afschuiving en resultaten van het onderzoek.

In verband met het regenrijke weer tijdens de laatste week van juli en de eerste week van augustus 1960 werd de infiltratie omstreeks half augustus gestaakt en de wateraanvoer stop gezet. De aanvoersloot kwam droog te staan. Of door het snel aflaten van het water toen reeds verzwakking van het talud plaats heeft gevonden zonder dat het tot inschuivingen kwam valt niet te zeggen. Aangenomen wordt dat dit niet het geval is geweest.

1) De Weersgesteldheid

In de week van 9 tot en met 14 oktober 1960 viel 86,3 mm regen als volgt verdeeld.

9	oktober	: 1,6 mm
10	"	: 6,2 mm
11	"	: 4,8 mm
12	"	: 46,5 mm
13	"	: 22,8 mm
14	"	: 4,4 mm

De verzakkingen van het zuidelijk sloottalud vonden plaats op 12 of 13 oktober, dus na de heftige regenval.

2) De plaats en aard van de beschadigingen.

Uit de opname verricht door de Provinciale Waterstaat blijkt, dat over een lengte van ca 60 m het talud aan de zuidzijde van de aanvoersloot beschadigd werd. Hiervan werd 32 m ernstig beschadigd door inschuivingen waarvan het vlak van inschuiving vlak achter de insteek van de slootkant begon. De overigen 28 m talud vertoonden slechts verzakkingen van de stapelzoden aan de basis. (zie figuur I)

Opmerkelijk is dat de beschadigingen zich alleen hebben voorgedaan bij de percelen 4 tot en met 9, terwijl langs de percelen 1 tot en met 3 geen inzakkingen zich voordeden. De gegevens voor de bodem-en oeverhoogte van de sloot geven aan dat ter plaatse van de beschadigingen de sloot een diepte heeft van 1,30 - 1,50 m tegen 0,95 - 1,00 m ter plaatse van de niet beschadigde delen langs de percelen 1 tot en met 3.

III. De Grondwaterstanden

Omtrent de situatie tijdens en vlak na het optreden van de beschadigingen is niets bekend.Waarnemingen werden door de Afdeling Onderzoek van Cultuurtechnische Dienst eerst verricht op 20 januari 1961 na een periode waarin geen belangrijke hoeveelheden neerslag waren gevallen en herhaald op 31 januari, toen in twee dagen tijds ± 30 mm regen viel. Op afstanden van 1,3,5,10,15,en 20 m vanaf de sloot werden nabij de scheiding van de percelen 4 en 5 (raaien I en II) en op perceel 7 (raaien III en IV) de grondwaterstanden op genoemde data opgenomen in boorgaten. De boring op 10 m afstand van de sloot bevond zich ter plaatse van de vangdrain, zodat aldaar de grondwaterstand boven de drain kon worden gemeten. Figuur 2 geeft de plaats van de raaien en figuur 3 de dwarsprofielen met grondwaterstanden. Uit dezen laatsten valt het volgende op te merken:

a. Er stond water boven de vangdrain (zie onder 4);
b. De sloot heeft een belangrijk deel van de ontwaterende taak van de vangdrain overgenomen;
c. Na de regenbui van 30 mm stegen de grondwaterstanden voor op de kavel tot 10 à 20 cm onder maaiveld (raaien I en II) onder aanzienlijke plasvorming. De sloot werkt sterk drainerend, terwijl een invloed van de drainreeks niet merkbaar is. Achter op de kavel (raaien III en IV) stegen de grondwaterstanden veel minder sterk als gevolg van drainerende werking van de drain en de sloot. Doch ook hier stond water boven de drain.
d. Er valt geen verschil waar te nemen tussen de grondwaterstanden bij een beschadigde plaats van het talud (raaien I en IV) en een onbeschadigde plaats (raai II en III).

IV. De vangdrain

De vangdrain, die op 10 m afstand van de sloot is gelegen, heeft tot taak de beregeningskavel te beschermen tegen verhoging van de grondwaterstand ten gevolge van het hoge peil in de infiltratiesloot tijdens de periode waarin geinfiltreerd wordt. Het achteruitgaan van de werkzaamheid van de infiltratie drains was reeds onderwerp van onderzoek. Het vermoeden bestond reeds dat ook de vangdrain in werkzaamheid achteruitgegaan zou zijn. Derhalve werd door het Instituut voor Cultuurtechniek en Water-

huishouding op 18 januari 1961 op een zestal plekken met boorgaten de grondwaterstand boven de drain gemeten,(zie fig.2 en 4). Tevens werd de afvoer gemeten met behulp van het molentje van Ott.

Uit de gemeten grondwaterstanden blijkt dat zich ter hoogte van de scheiding tussen de percelen 4 en 5 vermoedelijk een verstopping bevindt. voorts valt op dat overal water boven de drain staat hoewel deze vanaf perceel 3 een diameter van 10 cm en later van 12 cm heeft. Hiervoor zouden twee verklaringen mogelijk zijn:

a) de drain is geleidelijk verzand ten gevolge van de verstopping (beschadiging?) nabij de perceelsscheiding 4/5;
b) de intree weerstand is hoog ten gevolge van slechte doorlatenheid van de turfstrooisel-en grondomstorting van de drain. Vermoedelijk is hiervoor evenals op de infiltratiekavel bovengrond gebruikt.

De afvoer uit de drain bedroeg ± 0,71 l/sec. Rekenen wij dat deze hoeveelheid afkomstig is van 340 m drain (het gedeelte na de verstopping) dan wordt afgevoerd 0,71 x 86,4/340 = 0,18 m^3/dag m'. Bij een perceels breedte van 100 m is dit 1,8 mm/dag. Uit een gemiddelde drukhoogte gelijk 10 cm' van het water boven de drain laat zich een intree weerstand berekenen van 0,1/0,18 = 0,55 dag/m voor een drain van 10 en 12 cm. Deze uitkomst zou aanleiding geven tot de veronderstelling van een redelijke doorlatenheid van de grond in de drainsleuf, die van dezelfde orde zou zijn als die van de ongeroerde grond, namelijk 2 à 3 m/dag. Ervaringen op de infiltratiekavel doen echter twijfelen aan de juistheid van de uitkomst. Zou namelijk de hoeveelheid gemeten water afkomstig zijn van de gehele drainlengte dan zou de intree weerstand bedragen (0,12 x 600)/(0,71 x 86,4)= 1,18 dag/m waaruit een doorlaatfactor voor de grond in de drainsleuf van 0,85 à 1,7 m/dag zou volgen.

Op grond van deze gegevens komt men tot een totale radicale weerstand van de drain van ± 0,7 respectievelijk ± 1,3 dag/m.

De conclusie die men uit deze voorlopige gegevens zou trekken is deze, dat het met de radiale weerstand van de drain nogal meevalt. Het schoonspoelen van de drain, ten einde eventuele verstoppingen op te ruimen en beschadigingen op te sporen verdient zeker aanbeveling.

III. Oorzaken van afschuiving

In het algemeen worden drie oorzaken aangewezen voor het tot afschui-

ving komen van taluds. Deze zijn;

1. verhoging van de schuifspanning in de grond;
2. vermindering van de schuifweerstand van de grond;
3. stromingsdruk.

ad 1 De verhoging van de schuifspanning treedt op door vergroting van het gewicht van het tot afschuiving komende grondblok. In het geval van de slootwand zou alleen vergroting van het gewicht hebben kunnen optreden ten gevolge van het verzadigd raken van het grondprofiel met water. Deze verzwaring kan echter niet groot zijn als men bedenkt dat bij porïënvolume van 40% een kolom luchtdroge grond van 1 x 1 x 10 dm^3 ongeveer 15,9 kg weegt. De gewichtsvermeerdering ten gevolge van volledige verzadiging kan maximaal 4 kg bedragen of ± 25% van het drooggewicht.

ad 2 De vermindering van de schuifspanning in de grond kan optreden tijdens een hoge verzadigingsgraad bij een slechte doorlatendheid van de grond waardoor water in overspannen toestand kan komen. Een hoge verzadigingsgraad vermindert de capillaire steunkrachten in de grond, waardoor de korrelspanning afneemt en daarmee de schuifweerstand. Een verdere mogelijkheid is het tijdelijk optreden van schijnspiegels op slechtdoorlatende laagjes in het profiel, waardoor een verdere afname van de korrelspanning kan worden veroorzaakt.

Het feit dat alleen zuid-taluds zijn ingeschoven zou kunnen wijzen op de invloed van het vergaan van de stapelzoden ten gevolge van het hoge infiltratiepeil van de sloot. De noordelijke-taluds zijn geëxposeerd op het zuiden en worden dientengevolge veel intensiever beschenen door de zon. Als gevolg hiervan kan de verzadigingsgraad van de aan het talud grenzende grondlaag kleiner zijn en de capillaire binding derhalve groter, terwijl de zoden hierdoor een grotere samenhang hebben. Dikwijls ziet men echter dat de schuifvlakken optreden achter de zoden en achter de bewortelde laag langs.

ad 3 De stromingsdruk als oorzaak voor evenwichtsverstoring treedt in hoofdzaak op bij plotseling belangrijke peilverlagingen in een waterloop bij hoge grondwaterstanden in de aangrenzende gronden. Deze oorzaak kan hier niet aanwezig zijn, aangezien de sloot reeds in augustus leeg kwam te staan. Ook de raaidoorsneden van figuur 3 maken het niet waarschijnlijk dat het verhang van het grondwater naar de sloot zo groot is

geweest dat daardoor een drijfzandtoestand is kunnen ontstaan. Het is evenwel niet uitgesloten dat tijdens de hevige regenval gedurende korte tijd grote verhangen in de buurt van het talud optreden, waardoor de schuifweerstand (zie ad b) nog verder verminderd wordt.

Tijdens de besprekingen werd nog gewezen op plasvorming vlak achter en in de kantvoor van het talud. Het effect hiervan kan zowel onder de oorzaken a,b, of c vallen. In ieder geval lijkt het verstandig het ontstaan van deze plassen en vooral van een kantvoor in de toekomst te voorkomen. Hierdoor kan ook de andere vorm van beschadiging, namelijk taluderosie worden voorkomen.

IV. Maatregelen ter bestrijding van beschadiging

Ter voorkoming van verdere beschadigingen kunnen de volgende maatregelen worden genomen.

1. Het vlakker leggen van het talud. Wil men streven naar een grote mate van zekerheid, dan zal men het talud 1 : 3 moeten aanvaarden, waarbij echter nog geen absolute zekerheid wordt verkregen dat zich in de toekomst geen inschuivingen meer voor zullen doen. Vlakke taluds zullen groter grondverlies geven.
2. Het leggen van een ontlastingsdrain nabij de insteek van het talud. Hierdoor zal echter tijdens de periode van infiltratie de drain grote waterhoeveelheden gaan afvoeren.
3. Het voorkomen van plasvorming achter de insteek van de sloot door het egaliseren op tegenhelling van een strook grond. Hierdoor zou eventueel stagnerend water afvloeien naar de vangdrain. Het vermijden van het ontstaan van een kantvoor.
4. De diepte van de sloot verminderen en het inlaatsysteem van de infiltratiekavel hierbij aanpassen.

V. Mogelijke combinaties van uitvoeringsschema's

1. Het herstellen van de beschadigde delen van de sloot, waarbij het talud gesteld kan worden op 1:1, 1:1½ of 1:2.
2. Het herstellen van de sloot, het leggen van een nieuwe vangdrain en het egaliseren op tegen helling van strook grond langs de sloot.

3. Het leggen van een nieuwe vangdrain en het laten verzanden van de aanvoersloot. Het aanpassen van het inlaatsysteem van de infiltratiekavel aan een hoger peil.

VI. De invloed van de wijze van herstel op de kosten

Hierbij komen een aantal factoren in het geding waaromtrent weinig bekend is. Getracht werd redelijke schattingen voor enkele grootheden te verrichten.

1. De frequentie van beschadiging.

Aangenomen wordt, dat de frequentie van talud beschadigingen rechtevenredig is met de frequentie van optreden van bepaalde regenbuien. Zoals uit de opgave van de regenval in de week van 9 tot en met 14 oktober 1960 bleek vielen de volgende hoeveelheden.

in 1 dag 46,5 mm
in 2 dagen 69,3 mm
in 3 dagen 74,1 mm
in 4 dagen 80,3 mm
in 5 dagen 81,9 mm

De vraag is nu met welke frequentie deze hoeveelheden voorkomen. Uit de gegevens van het Koninklijk Nederland Meteorologisch Instituut voor Helmond werden de volgende frequenties vastgesteld (zie figuur 5).

periode in dagen	mm regen	sept.t/m okt. frequentie eenmaal per
1	46,5	90 jaren
2	69,3	85 "
3	74,1	38 "
4	80,3	24 "
5	81,9	15 "

Voor de maanden september tot en met maart kan het volgende staatje opgemaakt worden ter aanvulling op het vorige.

	Aantal malen in 70 jaar dat een regenbui voorkwam van meer dan:				
	40 mm 1 dag	46 mm 1 dag	69 mm 2 dagen	74 mm 3 dagen	82 mm 5 dagen
jan.t/m maart	-	-	-	-	-
september	2	1	-	-	-
oktober	1	-	-	-	-
november	2	1	2	3	4
december	-	-	-	-	-

Uit deze gegevens blijkt , dat de hoeveelheid regen, die het inzakken van het talud veroorzaakte verwacht mag worden in de periode september tot en met december. In de maanden daarvoor is er de verdamping die een groot bergend vermogen in stand houdt, waardoor zware buien geen schade doen, in de maanden januari tot en met maart komen deze buien niet voor.

Welke regenhoeveelheid per 1,2 of 3 dagen nu als maatgevend moet worden beschouwd voor het inschuiven van het talud 1: 1 valt niet te zeggen. Wij kennen alleen de omstandigheden waaronder dit nu gebeurde. Zeker is, dat na de regenbui van 30 mm in 2 dagen eind januari 1961 geen verdere beschadigingen zich voordeden. De regenval veroorzaakte midden op het perceel een grondwaterstijging van 70 cm. Dit betekent een berging van 30x100/700 = 4%. Uit figuur 3 van raai III en IV valt te becijferen, dat van de 100x0,03 = 3 m^2 regen die er vielen,er naar schatting 1,27 m^2 of 12,7 mm werden afgevoerd in 2 dagen, of gemiddeld 6 mm/dag. Op de zelfde wijze kan ook de afvoer tussen vangdrain en sloot berekend worden. Deze heeft naar schatting 23 mm in twee dagen of 11,5 mm per dag bedragen. Een regenval van 30 mm in twee dagen gaf aan het einde van deze periode een grondwaterstand van 30cm boven slootpeil midden tussen de sloot en de vangdrain. Een regenval van 30 mm/dag zou dan vermoedelijk een grondwaterstand van $\pm$ 60 cm boven slootpeil gegeven hebben, wanneer dit laatste constant verondersteld wordt.

Evenzo zullen regenhoeveelheden van 46 mm per dag en 69 mm in 2 dagen grondwaterstanden van $\pm$ 90 respectievelijk $\pm$ 70 cm boven slootpeil hebben kunnen veroorzaken.

Verder op het perceel zal het grondwater vermoedelijk tot maaiveld gestegen zijn.

Deze beschouwingswijze ,hoewel een zeer grove benadering van de opgetreden afvoeren en grondwaterstanden, maakt toch wel duidelijk, dat tot vlak bij de sloot hoge grondwaterstanden kunnen zijn opgetreden gedurende korte tijd, vooral wanneer men bedenkt dat water over het maaiveld naar de sloot toe kan stromen. In dat geval is de "regenval" op deze strook grond langs de sloot veel groter geweest dan de vermelde hoeveelheden.

Redelijk lijkt het om de kans van beschadiging van het talud 1:1 te schatten op 1 x per 5 jaren, hetgeen overeenkomt met een regenval van 30 mm/dag of 45 mm in twee dagen. Op grond van deze aanname zal dan in het navolgende aangehouden worden dat taluds 1:1½ en 1:2 eens in de 10 respectievelijk 20 jaren beschadigd zullen worden.

2. Het verband tussen de kans van beschadiging en het normale herstel aan de sloot.

Naast de kans op herstel van aangerichte schade ten gevolge van hevige regenval is er de zekerheid, dat na een zekere periode de betuining, de stapel-en plakzoden van de sloot hersteld zullen moeten worden. Wanneer dit normale onderhoud eens per O jaren noodzakelijk is dan zullen de jaarlijkse kosten derhalve $\frac{1}{O}$ x de kosten van de vernieuwing bedragen. Evenwel bestaat de mogelijkheid, dat binnen deze periode de slootwand beschadigd wordt, waardoor het onderhoud voor de herstelde delen O jaren kan worden opgeschoven. Is de kans van de beschadiging eens in R jaren, dan bedragen de jaarlijkse herstelkosten dus $\frac{1}{R}$:

De factor waarmee de periodieke onderhoudskosten vermenigvuldig moeten worden om de jaarlijkse bedragen te krijgen bedraagt dan:

$$H = \frac{1-1/R}{O} = \frac{R-1}{OR}$$

De waarde van O kan voor de verschillende taluds gelijkelijk op 10 jaren worden gesteld. Daar de betuining niet steeds onder water staat, omdat in perioden dat infiltratie niet noodzakelijk is, de sloot leeg komt te staan, werd geen langere periode dan de vermelde aangenomen.

3. De wijze van herstel.

Men kan bij de keuze van de wijze waarop de beschadigde slootwand hersteld zal worden uitgaan van verschillende gezichtspunten.

a. De slootwanden worden hersteld, waarbij het talud wordt hersteld en/of vlakker gemaakt. Naast de kosten van herstel komen bij het vlakker

maken nog kosten van landverlies.

b. De vangdrain van de infiltratiekavel wordt vervangen door een nieuwe drain in een grofzandbed. De slootwanden worden hersteld en/of vlakker gemaakt. Het maaiveld langs de sloot wordt een helling gegeven van de sloot af in de richting van de vangdrain, zodat zich geen oppervlakkig afstromend water in de kantvoor langs de sloot kan verzamelen.Hierdoor wordt de kans van beschadiging gehalveerd geacht, dus $R^1 = 2R$.

c. De drain wordt opnieuw gelegd en aan de aanvoersloot wordt niets gedaan, waardoor toegestaan wordt dat de sloot ondieper wordt; het inlaatsysteem van de infiltratiekavel wordt aan deze situatie aangepast.

De afmetingen van de sloot zijn voor de vereiste aanvoer capaciteit veel te ruim berekend. Een wateraanvoer van 12 mm/dag voor de infiltratiekavel betekend een maximale aanvoer aan het begin van de sloot van 12x10x12,5 = 1500 m^3 /dag of 0,0174 m^3/sec. Bij een toelaatbare maximum stroomsnelheid van 0,4 m/sec is een nat profiel van de sloot van 0,043 m^2 voldoende. Dit bedraagt thans ca. 1,25 m^2 bij een waterdiepte van 0,9 m.

4. <u>De kosten van aanvullende investeringen voor het herstel van de talud inschuivingen</u>.

Er bestaat ten aanzien van het optreden van talud beschadigingen geen zekerheid, doch slechts een kans dat deze zich zullen voordoen.

De kosten van herstel hiervan kunnen derhalve het best beschouwd worden als een kapitaalsuitgave, evenals die voor het herleggen van de vangdrain en het egaliseren op tegenhelling.

Stelt men de aflossingsperiode op 20 jaren en de rentevoet op 4% dan is het annuïteits percentage 7,36%. De jaarlijkse kosten per strekkende meter sloot voor de verschillende werkzaamheden zijn:

	jrl.kosten in gulden per m' sloot, bij talud		
	1 : 1	1 : 1½	1:: 2
Wijze van herstel:			
a. herstelschade; 60 m' à ƒ 5,-(investering ƒ 300 ,-) herstel schade en vervlakken	0,037		
taluds; 600 m à ƒ 7,50 (ƒ 4500) resp. ƒ 10,- (ƒ 6000,-)		0,552	0,737
b. leggen vangdrain; 600 m à ƒ 2,-, grof rivierzand 45 m^3 à ƒ 8,-- (investering ƒ 1560,-	0,190	0,190	0,190

c. Egaliseren op tegenhelling van een strook grond 600x10 m à ƒ 1000,-/ha (investering ƒ 600,-)	0,073	0,073	0,073
Totaal	0,30	0,815	1,000
d. Aanpassing infiltratiesysteem aan hoger peil : 18 putjes ä ƒ 80,- (investering ƒ 1440,-)	0,17		

Daar de beschadigingen zich alleen op het achter deel van de kavel voordeden, zou men kunnen overwegen slechts 400 m sloot te herstellen. Voorts kan men ook nog overwegen alleen de 60 m beschadigde stukken te herstellen. In deze gevallen bedragen de totale kosten:

bij 400 m herstel:	0,300	0,633	0,754
bij 60 m herstel	0,300	0,318	0,337

5. De kosten van het onderhoud van de aanvoersloot.

Wanneer de kosten van herstel K_R gulden bedragen en de kosten van onderhoud K_O dan zal men jaarlijks rekening moeten houden met de gemiddelde kosten ten bedrage van $\frac{K_R}{R} + \frac{R-1}{0.R} K_O$ gulden.

De waarde van de factor R werd in het voorgaande reeds aangnomen op 5 jaren . Deze geldt echter voor de toestand zoals die tot heden bestaan heeft. De mogelijkheid bestaat, dat de maatregel van het egaliseren op tegenhelling gecombineerd met het weer werkzaam maken van de drain invloed zal hebben op de frequentie van optreden van taludbeschadigingen. Daarom zal voor het herstel van de sloot waarbij tevens de strook grond tussen sloot en vangdrain op tegenhelling geëgaliseerd wordt de frequentie van beschadiging R' = 2R genomen worden.

Ten behoeve van de verdere becijfering van de verschillende methoden van herstel van de aanvoersloot volgen in onderstaande tabel een aantal reken grootheden.

		1 : 1	1 : 1½	1 : 2
a)	1/R	0,200	0,100	0,050
	1/R'	0,100	0,050	0,025
	(R-1)/0R	0,080	0,090	0,095
	idem voor R' = 2R	0,090	0,095	0,0975
	K_O	ƒ 3,50	4,50	5,50
	K_R	ƒ 5,-	6,50	8;--

Kosten per strekkende meter sloot:

b) Hersteltalud K_R/R	ƒ	1,-	0,650	0,400
idem voor R'=2R	ƒ	0,500	0,325	0,200
Onderhoud $K_o(R-1)/OR$	ƒ	0,280	0,405	0,520
idem voor R'= 2R	ƒ	0,315	0,430	0,535
Kosten jaarlijks schonen	ƒ	0,200	0,250	0,300
Kosten onderhoud vangdrain	ƒ	0,150	0,150	0,150
Opbrengstderving à ƒ 1000,-/ha	ƒ	-	0,055	0,110
Totale jaarl. kosten (R) ;	ƒ	1,630	1,510	1,480
Idem voor R' = 2R :		1,165	1,210	1,295

6. De kosten van herstel en onderhoud bij verschillende methoden van behandeling.

Met behulp van de sub 4 en 5 vermelde bedragen kunnen thans de kosten van herstel en onderhoud berekend worden van de in sub 3 a t/m c onderscheiden methoden. Hierbij is aangenomen dat indien beschadigingen optreden dit voor alle taludhellingen steeds voor een gelijk aantal meters zal plaats vinden.

	Kosten per m' sloot bij talud:		
sub 3.a. Herstel van de sloot	1 : 1	1 : 1½	1 : 2
Herstel; annuïteit	ƒ 0,037	0,552	0,737
Onderhoud en opbrengstderving:	ƒ 1,630	1,510	1,480
Totaal	ƒ 1,667	2,062	2,217
Ingeval men slechts			
400 m op flauwer talud legt:	ƒ 1,667	1,805	1,937
60 m " " " "	ƒ 1,667	1,421	1,410

sub 3.b. Herstel van de sloot;leggen nieuwe vangdrain; egalisatie op tegenhelling.

Herstel annuïteit	ƒ 0,300	0,815	1,-
Onderhoud en opbrengstderving	ƒ 1,165	1,210	1,295
Totaal	ƒ 1,465	2,025	2,295
Ingeval men slechts			
400 m op flauwer talud legt	ƒ 1,465	1,572	1,902
60 " " " "	ƒ 1,465	1,182	1,232

sub 3 c. Het leggen van een nieuwe vangdrain; aanpassen van het infiltratiesysteem aan een hoger inlaatpeil.

leggen drain	ƒ 0,190
aanpassing inlaatsysteem	ƒ 0,170
opbrengstderving	ƒ 0,100
schonen sloot	ƒ 0,200
Totaal	ƒ 0,560

In dit geval behoeven geen kosten voor herstel van betuining en talud te worden gemaakt.

Opgemerkt kan nog worden dat het herstellen van de 60 m beschadigde taludgedeelten op helling 1:1, 1:1½ of 1:2 vermoedelijk niet uitsluit dat in de toekomst de thans onbeschadigde gedeelten zullen inzakken. Dit zal er ten slotte toe leiden dat vermoedelijk toch 400 m op een flauwer talud uiteindelijk hersteld zal moeten worden.

Het belangrijke punt dat uit bovenstaande berekeningen naar voren komt is het onderzoek naar de grootte van de kans op slootwand beschadigingen en de invloed van die kans op de kosten van herstel en onderhoud. Het overzicht toont aan dat de kosten van het aanbrengen van een flauwer talud toenemen, doch dat de onderhoudskosten van de sloot in de toekomst afnemen.

Wanneer naast het brengen op flauwer talud bovendien nog een werkzamere vangdrain en een egalisatie op tegenhelling wordt aangebracht, dan worden de meerdere kosten van investering vrijwel gecompenseerd door de verminderde kosten van onderhoud. Voor het geval dat 400 m wordt hersteld op flauwer talud nemen de kosten van investering minder snel toe dan de kans op onderhoud afneemt, met het resultaat een vermindering van de totale jaarlijkse kosten, vergeleken bij die waarbij de vangdrain en de egalisatie niet worden aangebracht.

Men kan de hogere investeringen die men thans moet doen dus feitelijk zien als een verzekeringspremie voor een laag niveau van de kosten van onderhoud in de toekomst.

Ten slotte kan men nog stellen, dat de jaarlijkse kosten het laagst blijven door toepassing van een wateraanvoersysteem, dat door het inzakken van slootwanden niet wordt benadeeld. Hierbij worden de laagste kosten

van investeringen gecombineerd met het laagste niveau van ongunstige kansen.

VII. Conclusies

Op grond van deze berekeningen, die bedoeld zijn om een inzicht te verkrijgen in de kosten verhoudingen bij enkele methoden van herstel, kan men het volgende concluderen:

1. Het laten verzanden van de sloot, het aanpassen van het infiltratie inlaatsysteem en het leggen van een nieuwe vangdrain is de goedkoopste oplossing.
2. Wil men zich ten behoeve van een netter aanzien van het bedrijf meerdere kosten getroosten om de sloot met de huidige afmetingen te handhaven, dan is het herstel van de taluds op 1 : 1, het leggen van een nieuwe vangdrain en het egaliseren op tegenhelling van een strookgrond langs de sloot de voordeligste oplossing (methode sub 3.b; kosten ƒ 1,46/m'). Slechts weinig duurder is het herstellen van het talud over 400 m (omvattende de percelen 4 t/m 9) op helling 1:1½ (kosten ƒ 1,56/m'). De jaarlijkse kosten van beide methoden van herstel van de sloot zijn dus nagenoeg gelijk. Evenwel staat hier tegenover een verschil in investering die men thans zal moeten doen. Zo zal het herstellen op 1:1 plus vangdrain en egalisatie een directe uitgave vergen van ± ƒ 2450,-. Herstel op 1:1½ van 400 m slootwand met vangdrain en egalisatie vraagt echter een directe uitgave van ƒ 5100,-. Het verminderde onderhoud maakt, dat over langere tijd de kosten van investering en gekapitaliseerde onderhoudskosten ongeveer gelijk worden.
3. De kosten van een nieuwe vangdrain hebben op de prijsverhoudingen geen invloed, zodat wanneer volstaan zou worden met het schoonmaken van de bestaande drain, de conclusies van beide voorgaande punten dezelfde blijven.
4. De opgestelde vergelijkende kostenberekeningen zijn uiteraard afhankelijk van de onbekende frequenties van taludbeschadigingen (factor R en R' dus) die men op grond van technisch inzicht aanneemt.

VIII. Naschrift.

De in voorgaande hoofdstukken gegeven beschouwingen hebben ten doel gehad het Bestuur van het Proefbedrijf Vredepeel een zo volledig mogelijk overzicht te geven van de problemen die verbonden zijn aan de in standhouding van de aanvoersloot ten behoeve van de infiltratiekavel.

Zoals reeds uit de formulering van de colclusies blijkt, is het mogelijk dat andere dan zuiver economische overwegingen voor de keuze van de methode van herstel mede bepalend zijn. Zo werd door de Provinciale Waterstaat van Limburg een concreet voorstel gedaan voor het herstel van de sloot, dat hier zonder verder commentaar wordt vermeld. Voorgesteld wordt:

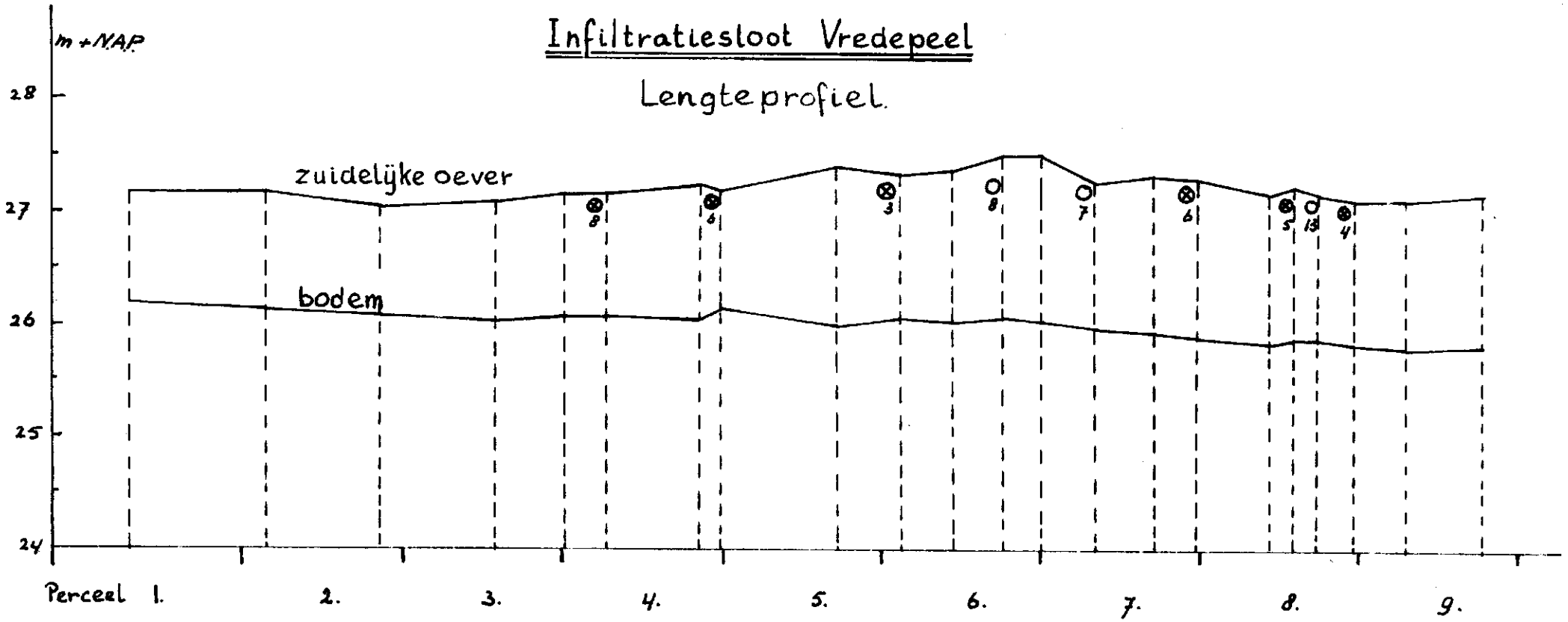
"1. De minder ernstige verzakkingen van de slootwanden welke voorkomen over een lengte van 280 m voor de helft dus voor 140 m met inbegrip van de in deze lengte voorkomende ernstige verzakkingen onder een talud te brengen van 1:1½ met dien verstande dat deze 140 m enige gehele kavels omvatten.

2. De overige 140 m in de huidige toestand te handhaven met dien verstande dat de hier in voorkomende ernstige verzakkingen geheel hersteld worden en weer onder oorspronkelijk talud van 1:1 gebracht worden."

Fig. 1.

Infiltratiesloot Vredepeel

Lengteprofiel



Schaal: hor. 1:2500

vert. 1:50

⊗ talud ingezakt vanaf insteek sloot

O stapelzoden ingezakt

3 lengte beschadiging in m.

naar opname: Provinciale Waterstaat in Limburg

PROEFBEDRUF VREDEPEEL

INFILTRATIE KAVEL 31

(schaal 1:400)

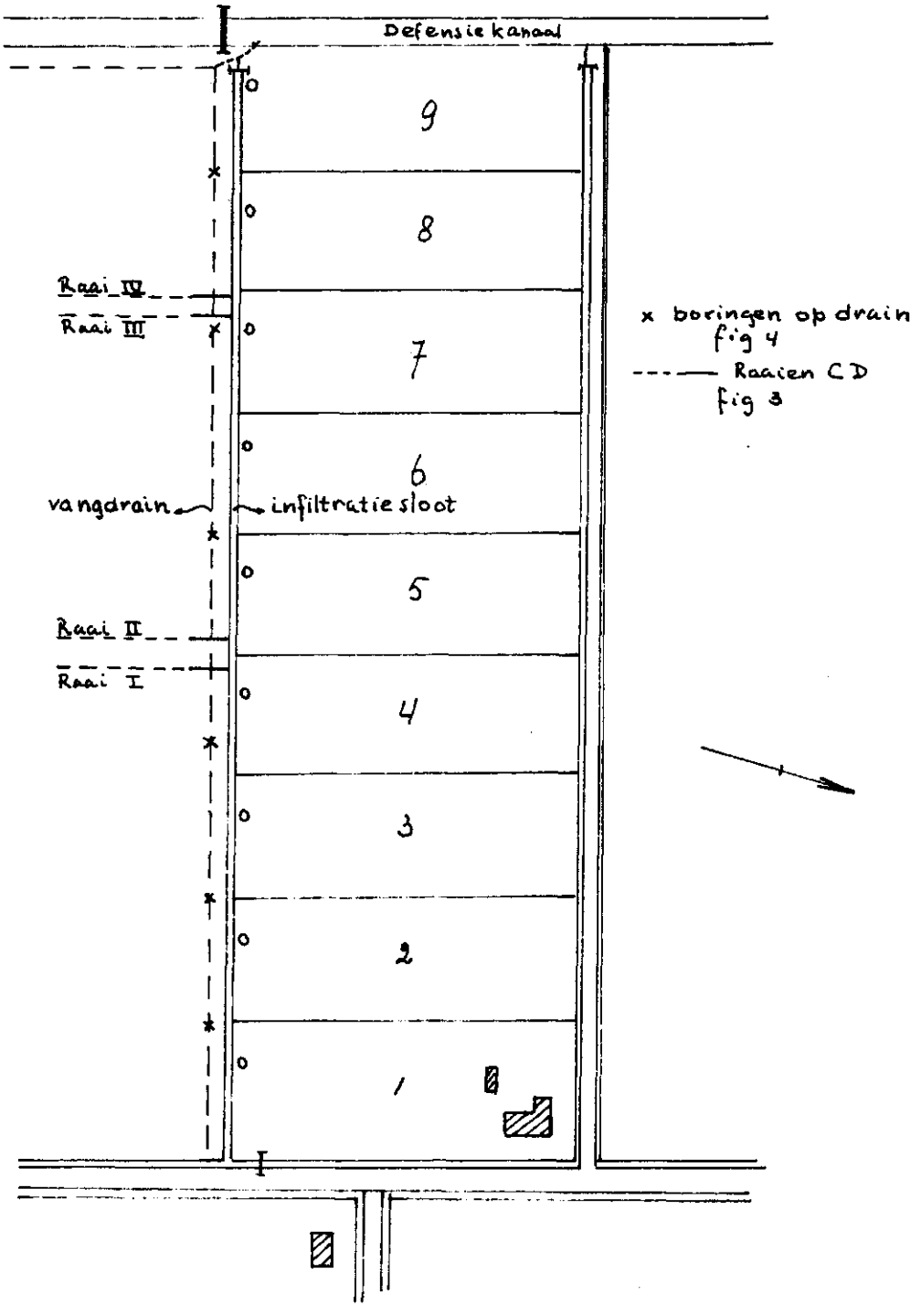


Fig. 3

Grondwaterstanden Beregeningskavel. (opname Cult. Dienst Roermond)

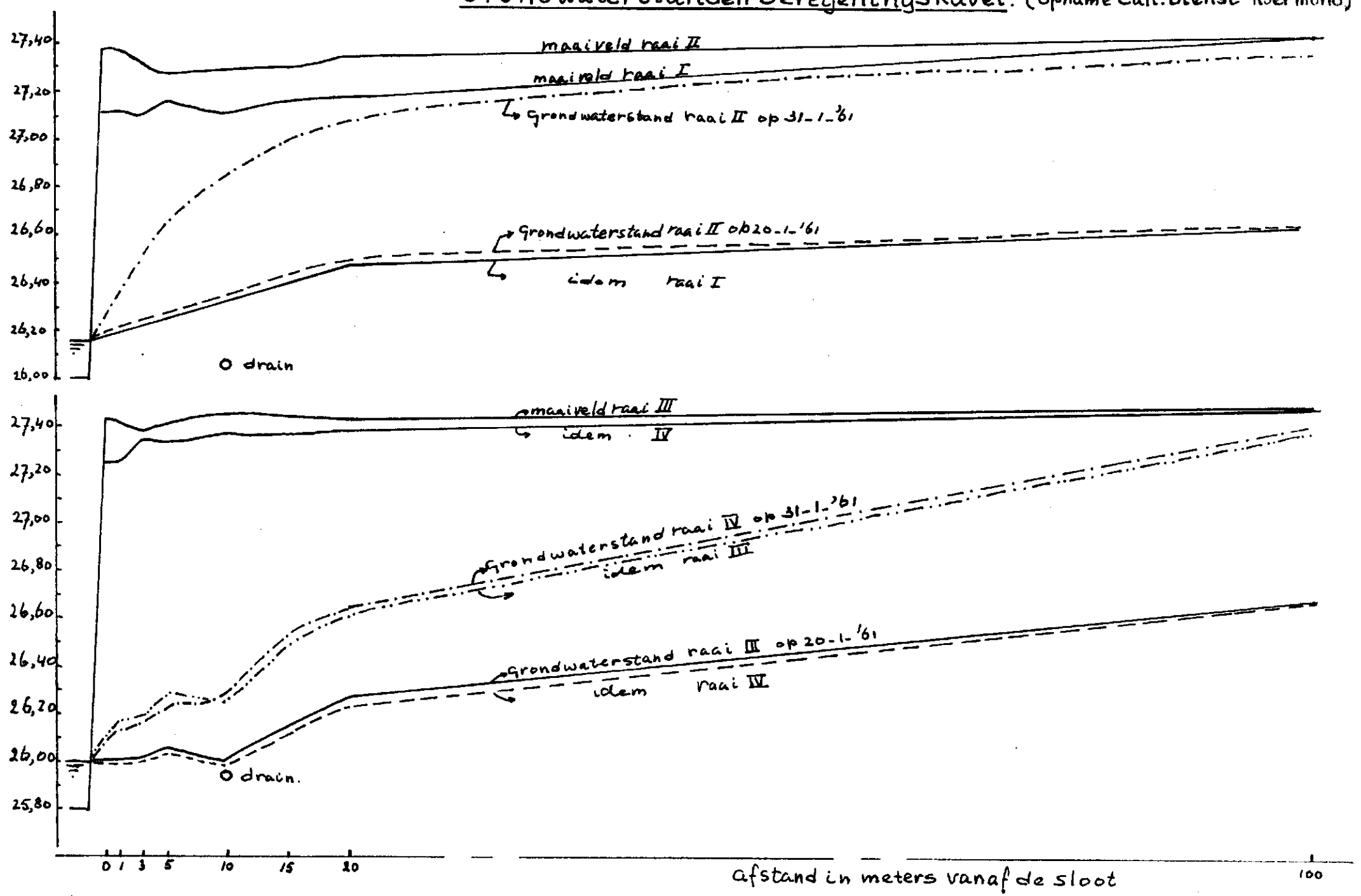
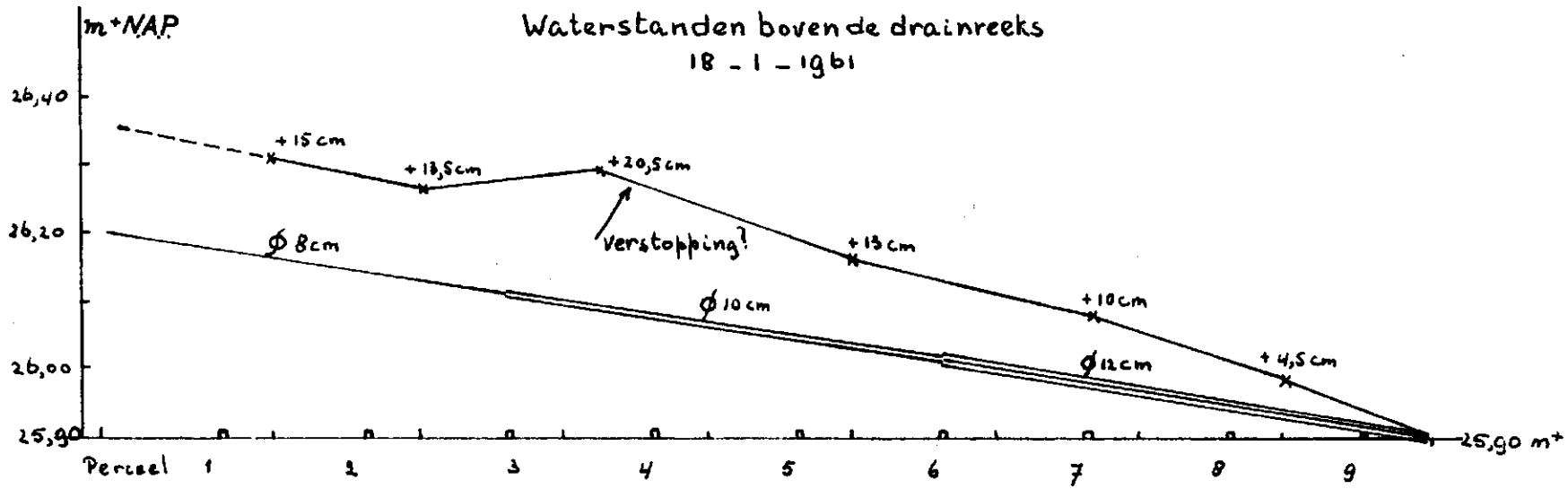


Fig. 4.

Vangdrain Beregeningskavel



Schaal: hor. 1 : 3300
vert. 1 : 10

Fig 5

Neerslag in mm.

Waarnemingsstation HELMOND

Frequentie van k-daagse neerslagsommen tijdens de periode September t/m December

