INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING

NOTA 379, d. d. 24 februari 1967

Infiltratie op kavel 31 van de Stichting 'Proefbedrijf Vredepeel'

ir. J. J. Kouwe

1. Inleiding

Het op kavel 31 van het Proefbedrijf Vredepeel aanwezige infiltratiesysteem werd in 1957 aangelegd. Het was berekend op een wateraanvoer van 6 mm/dag bij een draindiepte van 0,7 m en een drainafstand van 18 m. Bij de aanleg is echter van dit advies afgeweken door de drains op 1 meter aan te brengen. Toen in het droge jaar 1959 de gewenste grondwaterstand van 70 cm niet bereikt kon worden en deze tijdens de zomer tot beneden 100 cm zakte achtte het bestuur van de Stichting nader onderzoek gewenst.

Tot het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding werd het verzoek gericht na te gaan welke oorzaken verantwoordelijk moesten worden gesteld voor het in onbevredigende mate functioneren van het infiltratiesysteem. Van de bevindingen van het onderzoek in 1959 verricht werd in (sept. 1959)[1] een rapport opgesteld.

In dit rapport werd de conclusie getrokken dat onder de gegeven omstandigheden de drainafstand inderdaad te groot moest worden geacht, omdat de geïnfiltreerde hoeveelheid water groter was dan 6 mm/dag en dat het als ondoorlatend beschouwde complex van leemlagen ter dikte van 1,6 m op een diepte van ca. 1,5 à 2 m in werkelijkheid niet zo ondoorlatend was als werd verondersteld. Op grond van de verrichte metingen werd een drainafstand van 13 à 14 m bij een toegediende hoeveelheid water van 10 mm/dag noodzakelijk geacht voor het bereiken van een grondwaterstand van ca. 80 cm.

In 1960 werden tussen de bestaande drainreeksen drie nieuwe reeksen gelegd (zie fig. 1). De middelste van deze nieuwe reeksen kwam daarbij midden op het perceel, tussen de beide middelste oude buizenreeksen te liggen. De beide andere nieuwe reeksen lagen op 4 m afstand van de beide buitenste oude reeksen en wel aan de binnenzijde van ieder perceel. De afstand tussen de nieuwe reeksen bedroeg zodoende ca.23 m.

Bij het leggen van deze nieuwe reeksen werden de volgende bijzonderheden in acht genomen:

Op de percelen 1, 2 en 3 werden zogenaamde 'Idra'-buizen gebruikt.

---

[1] ir. J.J. Kouwe: Het infiltratie object 'kavel 31' van de Stichting Proefbedrijf Vredepeel. Interne nota I.C.W. september 1959

Als omstorting werd turfmolm gebruikt.

De nieuwe reeksen werden op de oude verzamel buizenreeksen aangesloten.

Op de percelen 4, 5 en 6 werden gewone kraagloze buizen met grindomstorting toegepast. Deze reeksen werden eveneens op de oude verzameldbuisreeksen aangesloten.

Op de percelen 7, 8 en 9 werden gewone kraagloze buizen met turfmolm omstorting op een diepte van 80 cm gelegd. Deze reeksen mondden direct uit in de aanvoersloot. Aan de andere zijde van het perceel werden ze met een stop afgesloten.

Aanvankelijk bleken de nieuwe buizen inderdaad beter te functioneren dan de oude. Na verloop van tijd liep de werkzaamheid ervan echter terug en tenslotte verschilde zij nauwelijks meer van die van de oude. De conclusie welke voor de hand lag was dat andere oorzaken dan een te grote drainafstand en het onjuist waarderen van de doorlatendheid van het leemlagen complex in het spel waren.

De gedachten gingen vervolgens in de richting van verstopping van de drainreeksen met vuil dat in zwevende toestand met het infiltratie water de drains werd binnengevoerd. Aangezien tijdens infiltratie perioden geen doorstroming plaatsvindt moest dit vuil in de buizen en op de stootvoegen tot afzetting komen. Naast een vervuiling kon echter ook door slijmvormende en ijzerbindende bacteriën het afgezette laagje sterker ondoorlatend gemaakt worden.

Dat deze veronderstelling juist bleek te zijn werd duidelijk nadat in september 1961 van een aantal percelen, waartoe ook de beide bij het onderzoek betrokken percelen 2 en 5 behoorden, de buizenreeksen met een hoge drukspuit werden gereinigd. Helaas kon door omstandigheden het effect van deze maatregel slechts op perceel 5 worden geconstateerd.

2. Het onderzoek in de periode 1960 - 1963

2.1. Het doel van het onderzoek

Het doel van het onderzoek was de oorzaken van de hoge infiltratieweerstanden te verklaren, de plaats waar ze optreden te localiseren en de grootte van deze weerstanden te berekenen. Voorts na te gaan of met de uitgevoerde tussendrainage het gewenste resultaat zou worden bereikt.

2.2. Het begrip weerstand

De weerstand welke het water bij stroming door buizen en door de grond ondervindt wordt berekend met de formule:

$$W = h/q$$

hierin is h het drukverschil in meters waterkolom en q de hoeveelheid water die per tijdseenheid het meetpunt passeert. Wordt voor het berekenen van de weerstand van een drainreeks voor q genomen de hoeveelheid water die per eenheid van lengte van de reeks uit de buizen in de drainsleuf treedt (infiltratie) of door de buizen wordt opgenomen (drainage), dan wordt de weerstand berekend in dagen/meter, ofwel: de drukhoogte die nodig is om 1 m^3 water per dag per m' buislengte te laten passeren.

2.3. Het onderzoek in de jaren 1960/1963

Nadat in 1960 de tussendrainage was uitgevoerd werden in de jaren 1960 tot en met 1963 nog een aantal malen metingen verricht. In de tweede plaats bood de wijze van uitvoering van de tussendrainage de gelegenheid een vergelijking te maken tussen de 'Indra'-buis en de conventionele kraagloze buis (perceel 2), turfmolm - tegenover grindomstorting (perceel 5) en tenslotte tussen de enkelvoudige - en de samengestelde infiltratiereeksen.

Het eerste seizoen leek de aangebrachte voorziening het effect te sorteren dat ervan werd verwacht. Evenwel bleek echter de werkzaamheid van de drains niet op peil te blijven en in de jaren 1961 - 1963 werd een grondwaterstand van 80 cm - maaiveld in de zomermaanden niet of nauwelijks bereikt. In figuur 1 zijn de waargenomen gemiddelde grondwater- en slootpeilen tijdens de waarnemingsdata uitgezet.

Een van de feiten die tevens opviel was dat het grondwaterpeil tijdens de zomermaanden zakte, zoals uit figuur 1 te zien is. Hiervoor zijn een tweetal oorzaken aan te wijzen:

de toename van de infiltratie intensiteit door een toenemend waterverbruik van het gewas;
de toename van het totaal van weerstanden welke het water op zijn weg van de sloot naar de grond ondervindt.

2.4. De gemiddelde totale infiltratie weerstand

Het onderzoek werd gericht op een analyse van de bij de infiltratie optredende stromingsweerstanden voor het water. De totale weerstand W_{tot} volgt uit de formule:

$$W_{tot} = \frac{h_i - \bar{h}_{gr}}{Q} \times n \times L \text{ dagen/m} \qquad (1)$$

waarin Q de waterinlaat van een blok van 70 x 180 m^2 in m^3 per dag, n het aantal reeksen, L de lengte in meters en h_i en h_g het sloot- respectievelijk het grondwaterpeil in meters voorstellen.

De totale weerstand W_{tot} kan worden beschouwd als samengesteld uit de stromingsweerstand:

a. in de drainbuizen W_d (inlaatbuis, verzamelreeks en infiltratiereeksen);
b. bij de overgang drainbuis-drainsleuf W_u (de uittreedweerstand);
c. in de nabijheid van de drainsleuf W_r (radiale weerstand);
d. vanaf de naaste omgeving van de drainsleuf tot het midden tussen de drains W_h (horizontale weerstand in de grond);
e. in het slechtdoorlatend leemlagen complex W_v (vertikale weerstand).

Teneinde de verschillende componenten van de totale weerstand te kunnen berekenen dienden beschikbaar te zijn het peil van het water (zie fig. 2):

in de aanvoersloot, h_i
in de buizen, h_b
in de drainsleuf, h_s
midden tussen de reeksen, h_g
in de stijgbuizen met filter onder de leemlaag h_d

In de navolgende verhandeling zal de vertikale weerstand verder buiten beschouwing worden gelaten.

In het jaar 1960 werden midden op de drie onderzochte percelen 2, 5 en 8 grondwaterbuisjes geplaatst midden tussen de drains zowel als in de drainsleuven en werden stijgbuizen aangebracht in de drainbuizen zelf. Het bleek echter dat de buisjes in de drainsleuven niet geheel betrouwbare gegevens opleverden. De oorzaak hiervan moet gezocht worden in het feit dat tengevolge

van het boren van de gaten voor de grondwaterbuisjes, er tussen de filters hiervan en de stootvoegen van de drainbuizen een min of meer goed contact tot stand kwam. Hierdoor werden de berekende drukhoogte verschillen voor het overwinnen van de uittreed- en de horizontale weerstanden wat onzeker. In het najaar van 1960 werden de buizen bij het ploegen vernield, zodat in 1961 weer nieuwe werden geplaatst, waarbij werd afgezien van het aanbrengen van stijgbuizen in de drainbuizen.

Naast het meten van waterstanden werden voor ieder perceel de ingelaten hoeveelheden water gemeten. Aanvankelijk geschiedde dit door de stroomsnelheden in de inlaatbuis te meten met de Ott-Flügel. Later werd een meer directe debietmeting toegepast. Hierbij werd de inlaatbuis afgesloten en werd het waterpeil in het afsluitputje op slootpeil gehouden door het ingieten van een zekere hoeveelheid water met gelijktijdige tijdmeting. De gegevens welke op de geschetste wijze werden verkregen werden in de tabellen van de bijlagen 1, 2 en 3 samengevat.

Een eerste indruk van het verloop van de weerstanden berekend met formule (1) geeft de tabel 1.

Hoe hoger de getallen, hoe moeilijker dringt het water de grond binnen.

Tabel 1. De gemiddelde totale infiltratie weerstand in dag/m

	Aantal reeksen	1960		1961*		1962		1963	
		29/6	12/7	12/7	6/10	28/6	10/8	29/5	24/7
Perceel 2	7	4,5	6,7	19,1		11,6	9,0	19,5	16,3
Perceel 5	7	3,4	5,9	-	5,0	11,3	14,2	14,4	10,6
Perceel 8									
Oude :	4	4,4	8,7	38,8	10,2	24,1	30,4	25,0	30,8
Nieuwe:	3	-	1,5	11,8	6,1	28,5	30,4	8,1	12,6

* Op 20 - 9 - 1961 werden van de percelen 2 en 5 de drains met een hogedrukspuit gereinigd

Deze gegevens tonen aan dat de totale weerstand in de loop van de vier jaren dat waarnemingen werden verricht belangrijk is toegenomen. De infiltratiebuizen van de percelen 2 en 5 en 8 (oude drains) werken in de winter drainerend en kunnen in de zomer door het openen van de afsluiters aan de noord-

zijde van het perceel doorgespoeld worden. Hierdoor wordt het uitgefiltreerde vuil weer grotendeels uitgespoeld. Gezien de toename van de weerstand van 5 à 6 dagen/m in 1960 tot 13 à 20 dagen/m in mei 1963 geschiedt deze zelfreiniging blijkbaar niet volkomen. In dit verband lijkt het niet goed verklaarbaar dat de 0,2 m hoger liggende blind eindigende nieuwe drainreeksen van perceel 8 geen grotere weerstanden te zien geven dan de oude reeksen van dat perceel.

2.2. Een nadere analyse van de totale weerstand

De vraag rijst nu, waar het water op weg van de aanvoersloot naar de grond de grootste weerstand ontmoet. Voorts is het belangrijk te weten of de plaats waar de grootste weerstand is geconcentreerd dezelfde is als die waar de grote variaties in die weerstand optreden.

Bij een nadere beschouwing van de weerstanden sub a tot en met d genoemd in 2.1. kunnen de radiale, de horizontale en de vertikale feitelijk als constant worden beschouwd, aangezien deze bepaald worden door de doorlatendheid en het profiel van de ongeroerde grond. Hierbij wordt dus voorbij gegaan aan de mogelijkheid dat het infiltratie water in de ongeroerde grond veranderingen zou kunnen veroorzaken welke de doorlatendheid beïnvloeden.

2.2.1. De doorlatendheid van de grond in de drainsleuven

Teneinde een indruk te krijgen omtrent de doorlatendheid van de geroerde grond in de drainsleuven, werd in april 1964 een bemonstering uitgevoerd. Zowel in de oude als nieuwe sleuven werden in een drietal lagen van elk 10 cm dik tussen 85 en 115 cm - m.v., dus in de nabijheid van de buizen, monsters gestoken met ringen (100 cc) in 3-voud en met 30 cm lange bussen in 4-voud. Eén bus werd in de ongeroerde grond gestoken.

Tabel 2. Doorlatendheid in m/dag van de grond in de drainsleuven gemeten aan grondmonsters gestoken in april 1964

	Laag:	Perceel 2		Perceel 5		Perceel 8		Ongeroerde grond
	cm - m.v.	oud	nieuw	oud	nieuw	oud	nieuw	
Ringen	85 - 95	2,8	2,8	0,8	2,4	5,4	4,2	3,5
	95 - 105	6,8	3,0	1,0	2,4	1,3	4,6	tot
	105 - 115	5,7	1,7	1,9	1,4	2,3	4,4	1,1
Bussen	85 - 115	1,8	0,2	1,0	1,3	1,8	3,5	0,17

Bij de gegevens van de bussen dient rekening te worden gehouden met het feit dat een niet te verwaarlozen samendrukking tengevolge van de wrijving in de bus kan hebben plaatsgevonden. Een aanwijzing hiervoor vormen de volumegewichten van de monsters. Dat van de ringmonsters schommelde tussen 1,25 en 1,50 gr/cc en van de bussen tussen 1,43 en 1,66 gr/cc. In de ongeroerde grond naast de sleuven bedroeg het volumegewicht 1,70 gr/cc.

Uit de gegevens van tabel 2 blijkt dat de grond in de drainsleuf een doorlatendheid had van dezelfde orde van grootte als die van de ongeroerde grond.

Het is echter niet uitgesloten dat de laag van enkele cm dikte direct grenzend aan de drains door de alternerende grondwaterstroom een veel geringere doorlatendheid heeft. Met de gebruikelijke ringen kan dit laagje echter wegens de geringe dikte ervan niet bemonsterd worden.

2.2.2. De hoeveelheid geïnfiltreerd water

Teneinde de weerstanden van de oude en de nieuwe drainbuizen te kunnen berekenen dienen naast de gemeten drukhoogte verliezen op het traject slootgrond ook de in de drains stromende hoeveelheden water bekend te zijn. In de percelen 2 en 5 kon alleen de totale inlaat worden gemeten. De verdeling hiervan over oude en nieuwe drains bleef onbekend. Evenwel kan deze uit de gemeten drukhoogten berekend worden. Hierbij wordt aangenomen dat de weerstanden van de 4 oude infiltratiereeksen onderling gelijk zijn, terwijl dit voor de 3 nieuwe evenzo het geval is. Op grond van deze veronderstelling kunnen de volgende vergelijkingen worden opgesteld:

$$4.q_o : 3.q_n = \Delta\bar{h}_{b.o} : \Delta\bar{h}_{b.n}$$

$$4.q_o + 3q_n = \frac{Q_{tot}}{L}$$

waaruit volgt dat:

$$q_o = \frac{Q_{tot}}{4.L.(1 + \overline{\Delta h}_o/\overline{\Delta h}_n)} \quad \text{en} \quad q_n = \frac{Q_{tot}}{3.L.\ (1 + \overline{\Delta h}_n/\overline{\Delta h}_o)} \qquad (2)$$

waarin: q_o en q_n de inlaat in m^3/dag per m' oude respectievelijk nieuwe drainreeks, Q_{tot} de totale inlaat in m^3/dag, L de lengte van de reeksen in m, $\overline{\Delta h}_{b.o.}$, $\overline{\Delta h}_{b.n.}$ het drukhoogteverlies in de oude, respectievelijk in de nieuwe drainreeksen voorstellen.

Voor de percelen 2 en 5 worden de op deze wijze berekende debieten in tabel 3 vermeld. Hierbij zij nog aangetekend dat voor 1960 gebruikt werden de drukhoogteverschillen tussen sloot en buis (midden perceel) en voor de jaren 1961 - 1963 het peilverschil tussen sloot- en drainsleuf (midden perceel ontleend aan de bijlagen 1 - 3.

Tabel 3. De totale inlaat in m^3/dag per m' drainreeks van de percelen 2 en 5 door middel van het drukhoogteverlies gesplitst naar oude (O) en nieuwe (N) drains

Jaar:	Datum:	Perceel 2		Perceel 5	
		O	N	O	N
1960	29/ 6	0,141	0,245	0,126	0,217
	12/ 7	0,049	0,106	0,054	0,092
1961	12/ 7	0,035	0,046	0	0
	6/10	-	-	0,061	0,058
1962	28/ 6	0,056	0,066	0,043	0,087
	10/ 8	0,092	0,087	0,031	0,070
1963	29/ 5	0,022	0,021	0,007	0,051
	24/ 7	0,049	0,055	0,034	0,114

Uit deze tabel valt reeds direct op dat de met grof zand omstorte nieuwe drains van perceel 5 1,75 - 3,5 maal zoveel water doorlaten als de oude. In perceel 2 lieten de nieuw gelegde drains in 1960 nog 1,75 à 2 maal zoveel water door als de oude, doch in de volgende jaren is er van een verschil nauwelijks sprake.

2.2.3. De stromingsweerstand in de buizen

Voor de waarnemingsdata 29 - 6 en 12 - 7 1960 kon het totale drukhoogte verlies tussen sloot en grond opgesplitst worden in de componenten: drukver-

lies in de buis,drukverlies bij de overgang van de buis naar de drainsleuf en bij de overgang van de drainsleuf naar de grond.

Met de ingelaten hoeveelheden water van tabel 3 en de drukverliezen in de drains kon de weerstand van de drainbuizen berekend worden. Voor beide data in 1960 worden deze in tabel 4 vermeld.

Tabel 4. De stromingsweerstand in dagen/m in de drainbuizen voor de waarnemingen verricht in 1960

		Perceel 2				Perceel 5				Perceel 8			
		29/6		12/7		29/6		12/7		29/6		12/7	
		O	N	O	N	O	N	O	N	O	N	O	N
Inlaat per m'	m^3/dag	0,141	0,245	0,049	0,106	0,126	0,217	0,054	0,092	0,110	-	0,023	0,134
Drukverlies	m	0,23	0,30	0,08	0,13	0,27	0,35	0,17	0,22	0,18	0,28	0,01	0,02
Weerstand	dg/m	1,63	1,23	1,63	1,23	2,15	1,62	3,18	2,39	1,6	-	0,44	0,15

Het blijkt dat de stromingsweerstand in de nieuwe buizen lager is dan die van de oude, hetgeen op een zekere vervuiling of verzanding van de laatste zou kunnen wijzen. De haakse aansluitingen van de infiltratie drains op de verzamelreeksen veroorzaken een aanmerkelijke weerstandsverhoging. Wordt met de formules voor niet en wél waterverliezende drainreeksen') het drukverlies tot het midden van het perceel berekend, waarbij dus het effect van de aansluitingen buiten beschouwing blijft, dan wordt gevonden:

Tabel 5. Berekende stromingsweerstand (dg/m) in de verzamel- en infiltratie drainbuizen tussen sloot en perceelsmidden

		Perceel 2				Perceel 5				Perceel 8			
		29/6		12/7		29/6		12/7		29/6		12/7	
		O	N	O	N	O	N	O	N	O	N	O	N
Inlaat per m'	m^3/dag	0,141	0,245	0,049	0,106	0,126	0,217	0,054	0,092	0,110	-	0,023	0,134
Gem.drukverl.	m	0,085	0,147	0,014	0,039	0,067	0,141	0,014	0,03	0,03	-	0,02	0,04
Weerstand	d/m	0,60	0,60	0,29	0,37	0,53	0,65	0,26	0,33	0,30	-	0,87	0,30

De stromingsweerstand tot het midden van het perceel bedraagt dus gemiddeld ongeveer 0,5 dag/m. De weerstand veroorzaakt door de haakse hoeken in

') ir. W.C. Visser: De grondslagen voor de keuze van de buiswijdte bij enkelvoudige en samengestelde drainage (1953)

het samengestelde systeem bedraagt dus gemiddeld ongeveer 1 à 1,5 dag/m en is dus 2 tot 3 maal zo groot.

2.2.4. De horizontale plus radiale weerstand

Met behulp van de debieten van tabel 3 en de gemeten drukverschillen tussen de sleuf en het gemiddelde grondwaterpeil kan de horizontale plus radiale weerstand worden berekend (tabel 6).

Tabel 6. Horizontale weerstanden in d/m berekend uit het drukverlies sleuf-gemiddelde grondwaterstand en het debiet voor oude en nieuwe drains

Jaar:	Datum:	Perceel 2		Perceel 5		Perceel 8	
		O	N	O	N	O	N
1960	29/ 6	0,28	0,53	neg	0,46	0,09	-
	12/ 7	0,41	1,32	neg	0,23	0	0,45
1961	12/ 7	1,72	1,31		-	0,59	1,07
	6/10	-	-	2,8	2,1	0,38	0,23
1962	28/ 6	1,43	0,46	5,6	4,1	0	neg
	10/ 8	2,40	0,69	9,0	6,3	0	neg
1963	29/ 5	6,35	1,43	10,6	6,1	3,6	0,23
	24/ 7	5,10	2,55	9,7	5,0	2,0	5,72

Wordt in aanmerking genomen dat er geen redenen zijn aan te voeren waarom de horizontale weerstand zo zou variëren als in tabel 6 tot uiting komt, dan blijkt uit deze gegevens dat de grondwaterbuizen die in de sleuf werden geplaatst niet voldoende betrouwbaar waren. Een zeker contact tussen de stootvoeg en het filter lijkt daarom waarschijnlijk. De uittreedweerstanden van de tabellen 7 en 8 vallen dus iets te laag, de horizontale weerstanden van tabel 6 iets te hoog uit.

Wanneer de horizontale weerstand berekend wordt met de kD-waarde uit het rapport van 1959 dan wordt gevonden voor kD = 3 m^2/dag en een perceelsbreedte B = 70 m:

voor de oude drains:

$$W_{h.o} = \frac{B/4}{8kD} = \frac{70/4}{24} = 0{,}73 \text{ d/m}$$

voor de nieuwe:

$$W_{h.n.} = \frac{B/3}{8kD} = \frac{70/3}{24} = 0{,}97 \text{ d/m}$$

De radiale weerstand van de drainsleuf is vermoedelijk verwaarloosbaar klein. Bij een waterhoogte van 0,25 m in de sleuf is de natte omtrek U = 0,65 m. Een slechtdoorlatende laag op 1,20 m - m.v. en een grondwaterstand van 0,6 m betekent een dikte D = 0,6 m voor de doorstroomde grondlaag. Hieruit volgt dat de radiale weerstand $W = \frac{1}{\pi k} \ln D/u \approx \frac{1}{3\pi} \ln 1 \approx 0$. Bij een waterdiepte in de sleuf van 0,15 m is W ≈ 0,1 d/m.

2.2.5. De uittreedweerstand

De weerstand welke door het water moet worden overwonnen om vanuit de buis in de drainsleuf te komen kan met behulp van de gegevens van de bijlagen 1 tot en met 3 en tabel 3 eveneens berekend worden: zie tabel 7.

Tabel 7. De uittreedweerstanden in dg/m in 1960

		Perceel 2				Perceel 5				Perceel 8			
		29/6		12/7		29/6		12/7		29/6		12/7	
		O	N	O	N	O	N	O	N	O	N	O	N
Inlaat per m'	m^3/dag	0,141	0,245	0,049	0,106	0,126	0,217	0,054	0,092	0,110	-	0,023	0,134
Gem. drukl.	m	0,56	0,40	0,39	0,22	0,29	0,10	0,27	0,17	0,29	0,15	0,19	0,12
Weerstand	d/m	3,97	1,63	7,96	2,09	2,30	0,46	5,10	1,85	2,64	-	8,27	0,90

In het eerste jaar dat de nieuwe reeksen in bedrijf waren was de uittreedweerstand ervan 0,4 à 0,2 maal die van de oude drains. Op perceel 8 was de verhouding zelfs 0,11.

In het rapport van 1959 werd geconcludeerd tot een uittreedweerstand van 2,3 dag/m uitgaande van de empirische relatie $W_u = \frac{a}{K_{dr}}$. a stelt een coëfficiënt voor afhankelijk de wijdte van stootvoegen van de buizen of in het al-

gemeen van het oppervlak van de perforaties per eenheid van lengte. Voor a = 3 en K_{dr} = 1,3 m/dag. Nieuwere inzichten houden echter rekening met een lagere waarde voor a, en wel a = 2 à 2,5. Wordt als een waarschijnlijke doorlatendheid van de grond in de drainsleuf K_{dr} = 1,5 m/dag genomen dan wordt $W = \frac{2 \text{ à } 2,5}{1,5}$ = 1,3 à 1,6 dg/m gevonden, een waarde die redelijk overeenkomt met die van tabel 7 voor de nieuwe drains.

Met de debieten vermeld in tabel 3 en de drukhoogte verliezen tussen sloot en drainsleuf kunnen de weerstanden in het traject tussen de sloot en de drainsleuf in de jaren 1960/1963 worden berekend. Deze zijn in tabel 8 samengevat:

Tabel 8. Drainreeks - plus uittreedweerstand in dag/m voor de waarnemingen 1960 - 1963

O = oud N = nieuw		Perceel 2		Perceel 5		Perceel 8	
		O	N	O	N	O	N
1960	29/ 6	5,19	3,05	4,49	2,07	4,27	-
	12/ 7	8,62	3,58	7,64	4,50	8,70	1,04
1961	12/ 7	20,18	15,12	-	-	38,25	10,70
	6/10*	-	-	2,14	3,09	9,80	5,85
1962	28/ 6	10,52	10,16	8,33	2,78	24,10	29,25
	10/ 8	5,30	8,64	12,65	3,30	30,40	32,10
1963	29/ 5	12,40	18,45	44,30	0,99	21,50	8,13
	24/ 7	11,85	12,60	11,68	1,40	28,90	12,60
Gemiddeld 1960/63		10,58	10,23	13,46	2,59	20,74	14,24

*) Op 20 september 1961 werden van de percelen 2 en 5 de drainreeksen doorgespoten met een hogedrukspuit

Het blijkt dat de uittreedweerstand van gebakken buizen gelegd met turfbedekking bij infiltratie zich vrij spoedig stabiliseert op een niveau van 10 à 15 dagen/m. Slechts de fijne grindomstorting van perceel 5 vormt hierop met een bedrag van 2,6 d/m een uitzondering.

Opvallend is het effect van het schoonspuiten van de oude drains van perceel 5. De weerstand daalde van 7,64 d/m tot 2,14 d/m, doch steeg daarna blijkbaar weer spoedig tot de eerstgenoemde waarde.

De berekeningen en beschouwingen in het voorgaande leiden tenslotte tot de volgende vergelijking van verwachte en in werkelijkheid optredende weerstanden.

Tabel 9. De componenten van de totale weerstand tussen sloot en grond

		Theoretisch	Effectief
W_b: buisweerstand	d/m	2	2
W_u: uittreedweerstand			
turfmolm	d/m	2	15
grind	d/m	2	2,5
W_r: radiale weerstand van de sleuf	d/m	0,1	0,1
W_h: horizontale weerstand	d/m	1,0	1,0

2.2.6. De invloed van de gebruikte buissoort, het omstortingsmateriaal en de draindiepte

Uit het voorgaande valt te concluderen dat er nauwelijks enig verschil in werkzaamheid valt te constateren tussen de 'Idra' drains en de gewone kraagloze buizen met turfmolm omstorting.

De draindiepte van 0,80 m op perceel 8 lijkt iets gunstiger te zijn, doch een gemiddelde uittreedweerstand van 14 d/m tegenover 20 d/m voor de diepe drains heeft nauwelijks enige praktische betekenis in het licht van een gewenste waarde van enkele dagen/m.

Zeer gunstig steken de nieuwe met grind omstorte kraagloze buizen van van perceel 5 bij de oude af: de uittreedweerstand is hiervan nauwelijks veranderd. Of deze gunstige situatie zich onveranderd zal continueren is niet bekend, daar sinds 1963 geen metingen meer werden verricht.

3. De vervuiling van het drainstelsel

Het bovenstaande maakte het waarschijnlijk dat de sterk verhoogde uit-

treedweerstand van de drains veroorzaakt zou kunnen zijn door tegen de stootvoegen uitfiltreren van met het water meegevoerde vaste stoffen.

Naar de infiltratie kavel van het proefbedrijf wordt door middel van een open leiding water aangevoerd afkomstig van het Defensiekanaal. De aanvoerleiding is langs de kavel onbekleed en er is in het groeiseizoen een intensieve begroeiing in aanwezig. Het gevaar dat met het infiltratiewater ook in dat water zwevende vaste minerale, plantaardige en dierlijke stoffen de drains in worden gevoerd lijkt derhalve niet ondenkbaar.

Om hieromtrent enige concrete gegevens ter beschikking te krijgen werden tegelijk met de metingen verricht op 29 mei 1963 watermonsters genomen van elk ca. 10 l. uit de aanvoersloot en van het uit de afsluiters in de afvoersloot stromende water, 5 of 10 minuten nadat de afsluiters waren geopend.

De monsters werden door het Waterleidinglaboratorium Oost te Doetinchem onderzocht op droge stofgehalte, gloeiverlies en ijzergehalte. Door het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening werden ze bacteriologisch onderzocht.

Tabel 6. Droge stof, gloeiverlies en ijzergehalte van het infiltratiewater

	Droge stof mg/l	Gloeiverlies		IJzergehalte		
				droge stof		filtraat mg/l
		mg	%	mg	%	
Aanvoersloot	5,5	2,3	41,8	0,31	5,6	0,41
Perceel 2 (5 min)	29,8	3,6	12,1	9,6	32,4	0,40
Perceel 5 (5 min)	101	48,6	48,2	9,3	9,2	0,33
Perceel 5 (10 min)	288	166	57,6	15,1	5,2	0,92
Perceel 8 (5 min)	588	369	62,7	40	6,9	1,13

Deze cijfers maken duidelijk dat er inderdaad een belangrijke inslibbing in de infiltratie drains plaats heeft gevonden. De toename van het gloeiverlies, behalve perceel 2, wijst op een toename van het organische stofgehalte van het in de drains afgezette materiaal. Dit is eveneens het geval met het ijzergehalte. Ook het bij doorstroming afgetapte water bevat meer ijzer zoals de laatste kolom van tabel 6 laat zien.

Het bacteriologisch onderzoek toonde een rijke groei van slijm vormende bacteriën aan. De gevormde slijmachtige producten kunnen de doorlatendheid van het materiaal in de stootvoegen van de drains nadelig beïnvloeden.

De grote variatie van het droge stofgehalte van het uitstromende water wordt verklaard door het vrijkomen van grotere samenhangende massa's vaste delen welke toevallig wel of niet worden opgevangen in een monster. Het te verwachten effect van langer doorstromen wordt gedemonstreerd door de gegevens van perceel 5 waar de monsters werden genomen na respectievelijk 5 en 10 minuten. De cijfers tonen een sterke toename van de vaste delen na langer doorstromen. Ook de aard en samenstelling van het vrijkomende materiaal blijkt zich te wijzigen. Na lang doorspoelen zal het drainwater weer vrijwel identiek worden aan het water uit de aanvoersloot.

Het effect van periodiek enige dagen achter elkaar doorspoelen bleek bij een tweede bemonstering op 15 juli 1963. De genomen monsters werden niet verder geanalyseerd aangezien ze op het oog bezien zeer weinig vaste delen bevatten. Bij navraag bleek dat de afsluiters van 28 juni tot 5 juli hadden opengestaan.

4. De te trekken conclusies uit de resultaten van het onderzoek

Als het meest belangrijke en alles beheersende probleem bij infiltratie met oppervlakte water moet de vervuiling van de drains worden gezien. Het aangevoerde water zal steeds in meerdere of mindere mate verontreinigingen van verschillende aard meevoeren. Bovendien ontwikkelt zich in het afgezette materiaal van organische oorsprong een flora van slijmvormende- en ijzerbindende bacteriën, waardoor verwacht moet worden dat de doorlatendheid van de drainstootvoegen sterk afneemt. Voorlopig laat het zich aanzien dat een grindomstorting de gemelde moeilijkheden sterk afzwakt. Of dan echter na wat langere tijd toch weer niet opnieuw een toenemen van de weerstand zal optreden maakt de ervaring van de betere werking van de grindomstorting toch nog niet tot een stevige basis voor een praktijk advies.

Maatregelen ter instandhouding van een voldoende lage infiltratie weerstand dienen dus gericht te zijn op het voorkomen of althans zoveel mogelijk beperken van de vervuiling van de drains. Deze maatregelen kunnen zijn:

1. schoonwater; door een inlaatsysteem waarbij vaste bestanddelen niet in het buizenstelsel kunnen komen;
2. periodiek de infiltratie drains doorspoelen door het openen van de afsluiters;
3. zo mogelijk de buizenperiodiek drainerend te laten werken;
4. de buizenreeksen doorspuiten met water onder hoge druk.

Ten aanzien van het toe te passen infiltratiesysteem geldt dat een samengesteld systeem, zoals op het proefbedrijf gebruikt, het onderhoud niet gemakkelijk maakt. Bovendien veroorzaken de haakse aansluitingen tussen de verzamel- en de infiltratiebuizen aanmerkelijke drukverliezen. Ook blind eindigende reeksen,zoals op perceel 8 toegepast geven niet de gelegenheid van doorspoelen.

De resultaten van het onderzoek voerentot de conclusie dat de buizeninfiltratie niet de oplossing is van het vraagstuk van de watervoorziening van gewassen. Het systeem is te kostbaar om in enkele jaren te kunnen worden afgeschreven. De vraag is nu of dan de beregening als enige mogelijkheid moet worden aangewezen. Een alternatief op het infiltreren met buizen zou nog kunnen zijn het gebruik van tijdelijke greppels. Deze zouden dan het water kunnen ontvangen direct uit een aanvoersloot, via een pompaggregaat uit een sloot of uit een diepe bron, al naar zich de omstandigheid voordoet. Deze mogelijkheden zijn voor het object in de Vredepeel niet bestudeerd.

Aan de greppelinfiltratie zijn vele facetten te onderscheiden die een zorgvuldige nadere bestudering behoeven. Hierbij dient centraal te staan de eis dat de greppels geen beletsel mogen vormen voor een moderne gemechaniseerde bedrijfsvoering. De voorwaarden die hieruit voortvloeien en de hydrologische eisen geven aanleiding tot een aantal tegenstrijdigheden. Zo zal de tijdelijkheid van de greppel een beperkte afmeting ervan inhouden. De wens om door infiltratie een zekere grondwaterstand te realiseren zal daarentegen wellicht grotere afmetingen van de greppels vereisen die op korte afstanden van elkaar gelegen zijn. Voorts zal het een groot verschil maken of er zich ondiep in het bodemprofiel een slechtdoorlatende laag bevindt, of dat deze afwezig is, of wat op hetzelfde neerkomt veel dieper in het profiel voorkomt. In het eerste geval is grondwaterstandsverhoging door infiltratie zeer wel mogelijk. In het tweede geval is dit, de overige verlangens in aanmerking nemende, praktisch niet realiseerbaar. In dat geval zou men het meer moeten zoeken in de mogelijkheid tot distributie van uit de greppels weggezakt water langs capillaire weg naar het midden van de strook tussen twee greppels.

Zou op de vele problemen van de greppelinfiltratie een goedkope en praktisch uitvoerbare methode van watervoorziening kunnen worden ontwikkeld, dan zou daarmee tevens tegemoetgekomen kunnen worden aan het volgende bezwaar.

Een aantal gronden kunnen de dure investering voor een regeninstalltie niet goed dragen, omdat de grondwaterstand niet ieder jaar zo diep wordt dat watergebrek bij het gewas optreedt. Ook de hoeveelheid neerslag en de verdeling ervan over het jaar kunnen gedurende een aantal jaren de regeninstallatie renteloos doen staan. In deze gevallen zou de greppelinfiltratie een uitkomst kunnen bieden.

Perceel 2

Oude drains : kraagloze/turfmolm

Nieuwe drains 'Idra' /turfmolm

Hoogte maaiveld 2705 cm N.A.P.

Draindiepte 2600 cm N.A.P.

Datum	Inlaat m^3/dag per m' drain	Peilstijghoogte water in cm + N.A.P. in:						Drukhoogte verschillen cm									W_{tot} dg/m 16/1
		sloot	uitlaat	drain midden		sleuf		grond		oud	nieuw	O	N	O	N		
				oude	nieuwe	oude	nieuwe		2 - 3	2 - 4	2 - 5	4 - 6	5 - 7	6 - 8	7 - 8	2 - 8	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1960:																	
29 - 6	0,185	2691	2656	2668	2661	2612	2621	2608	35	23	30	56	40	4	13	83	4,5
12 - 7	0,073	2685	2673	2677	2672	2638	2650	2636	12	8	13	39	22	2	14	49	6,7
1961:												2 - 6	2 - 7				
12 - 7	0,040	2689	?	-	-	2619	2619	2613	-	-	-	70	70	6	6	76	19,1
6 - 10 *)	0,058	2675	2663	-	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-
1962:																	
28 - 6	0,060	2689	2675	-	-	2630	2622	2619	14	-	-	59	67	8	3	70	11,6
10 - 8	0,090	2687	2670	-	-	2634	2612	2606	17	-	-	53	75	22	6	81	9,0
1963:																	
29 - 5	0,021	2669	2667	-	-	2642	2631	2628	2	-	-	27	38	14	3	41	19,5
24 - 7	0,051	2682	2675	-	-	2624	2613	2599	7	-	-	58	69	25	14	83	16,3

*) Geen grondwaterstanden waargenomen; op 20 - 9 - 1961 doorgespoten en gereinigd

Stijghoogte diep grondwater:

29 - 6 - 1960 2603 cm + N.A.P.

12 - 7 - 1960 2625 cm + N.A.P.

Perceel 5

Oude drains : kraagloos/turfmolm

Nieuwe drains: kraagloos/fijn grind

Hoogte maaiveld 2720 cm + N.A.P.

Draindiepte 2600 cm + N.A.P.

Datum	Inlaat m^3/dag per m' drain	Peil stijghoogte water in cm N.A.P. in:							Drukhoogte verschillen cm								W_{tot} dg/m 16/1
		sloot	uitlaat	drain midden		sleuf		grond		oud	nieuw	O	N	O	N		
				oud	nieuw	oud	nieuw		2 - 3	2 - 4	2 - 5	4 - 6	5 - 6	6 - 8	7 - 8	2 - 8	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1960:																	
29 - 6	0,164	2691	2653	2664	2656	2635	2646	2636	38	27	35	29	10	- 1	10	55	3,4
12 - 7	0,070	2685	2667	2668	2663	2641	2646	2644	18	17	22	27	17	- 3	2	41	5,9
1961:												2 - 6	2 - 7				
12 - 7')	-	2689	2672	-	-	2628	2625	2616	17	-	-	61	64	12	9	73	-
6 - 10")	0,060	2675	2673	-	-	2662	2657	2645	2	-	-	13	18	17	12	30	5,0
1962:																	
28 - 6	0,062	2689	2690	-	-	2653	2665	2629	- 1	-	-	36	24	24	36	60	11,3
10 - 8	0,047	2689	2687	-	-	2550	2666	2622	2	-	-	39	23	28	44	67	14,2
1963:																	
29 - 5	0,025	2669	2669	-	-	2640	2664	2633	0	-	-	29	5	7	31	36	14,4
24 - 7	0,069	2682	2678	-	-	2642	2666	2609	5	-	-	40	16	33	57	73	10,6

') Inlaat verstopt

") Op 20 - 9 - 1961 doorgespoten en gereinigd

Stijghoogte diep grondwater:

29 - 6 - 1960 2600 cm+

12 - 7 - 1960 2611 cm+

12 - 7 - 1961 2634 cm+

Perceel 8

Oude drains : kraagloze/turfmolm

Nieuwe drains: kraagloze/turfmolm met aparte inlaat

Hoogte maaiveld 2710 cm + N.A.P.

Draindiepte oud 2610 cm + N.A.P.
nieuw 2640 cm + N.A.P.

	Inlaat m^3/dag per m' drain		Peil stijghoogte water in cm + N.A.P. in								Drukhoogte verschillen in cm									Totale weerstand dag/m	
			sloot	eind reeks		drain midden		sleuf		grond	3-4	3-5	3-6	3-7	6-8	7-9	8-10	9-10	3-10		
	oud	nieuw		oud	nieuw	oud	nieuw	oud	nieuw		O	N	O	N	O	N	O	N		oud 19/1	nieuw 19/2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
1960:																					
29 - 6	0,110	-	2691	2684	2660	2673	2663	2644	2648	2643	7	31	18	28	29	15	1	5	48	4,4	-
12 - 7	0,023	0,134	2685	2688	2677	2684	2683	2665	2671	2665	- 3	8	1	2	19	12	0	6	20	8,7	1,5
1961:															3-8	3-9					
12 - 7	0,017	0,056	2689	2683	-	-	-	2624	2629	2623	6	-	-	-	65	60	1	6	66	38,8	11,8
6 - 10')	0,052	0,087	2675	2663	-	-	-	2624	2624	2622	12	-	-	-	51	51	2	2	53	10,2	6,1
1962:																					
28 - 6	0,032	0,027	2689	2688	-	-	-	2612	2610	2612	1	-	-	-	77	79	0	- 2	77	24,1	28,5
10 - 8	0,024	0,024	2687	2683	-	-	-	2614	2610	2614	4	-	-	-	73	77	0	- 4	73	30,4	30,4
1963:																					
29 - 5	0,014	0,043	2669	2671	-	-	-	2639	2635	2634	- 1	-	-	-	30	34	5	1	35	25,0	8,1
24 - 7	0,025	0,061	2682	2684	-	-	-	2610	2640	2605	- 2	-	-	-	72	42	5	35	77	30,8	12,6

') Waarnemingen gedaan 3½ à 4 uren nadat uitlaat van de verzameldrains werd afgesloten

Stijghoogte diep grondwater:

29 - 6 - 1960 2642 cm + N.A.P.

12 - 7 - 1961 2665 cm + N.A.P.