

CODEN: IBBRAH (4-83) 1-38 (1983)

INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID

RAPPORT 4-83

INVLOED VAN REGENVAL OP FYSISCH EIGENSCHAPPEN VAN DE GROND

With a summary: Influence of precipitation on physical characteristics of the soil

door

A. PELGRUM

1983

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Oosterweg 92, Postbus 30003,
9750 RA Haren (Gr.)

Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 4-83 (1983) 38 pp.

INHOUD

1. Inleiding	3
2. Objecten van onderzoek	4
3. Verbouwde gewassen en grondbewerking	5
4. Gehanteerde weergegevens	6
5. Bepaling van de bodemfysische eigenschappen	7
6. Wijze van verwerking van de resultaten	9
7. Gesteldheid van weer en bodemstructuur in de loop der jaren	10
7.1. Variatie in regenval gedurende de onderzoekperiode	10
7.2. Variatie in bodemfysische eigenschappen van de grond in de loop der jaren.	12
7.2.1. De bouwvoorstructuur	12
7.2.2. De vochtkarakteristiek van het profiel	13
7.2.3. De zuurstofdiffusie in het profiel	15
8. Betekenis van de regenval voor de bodemfysische eigenschappen	17
8.1. Regenval en actuele structuur	17
8.2. Regenval en vochtkarakteristiek	21
8.3. Regenval en zuurstofdiffusie	26
9. Bespreking van de resultaten	33
10. Samenvatting en conclusies	36
11. Summary	37
12. Literatuur	38

CODEN: IBBRAH (4-83) 1-38 (1983)

INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID

RAPPORT 4-83

INVLOED VAN REGENVAL OP FYSISCHE EIGENSCHAPPEN VAN DE GROND

With a summary: Influence of precipitation on physical characteristics of the soil

door

A. PELGRUM

1983

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Oosterweg 92, Postbus 30003,
9750 RA Haren (Gr.)

Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 4-83 (1983) 38 pp.

INHOUD

1. Inleiding	3
2. Objecten van onderzoek	4
3. Verbouwde gewassen en grondbewerking	5
4. Gehanteerde weergegevens	6
5. Bepaling van de bodemfysische eigenschappen	7
6. Wijze van verwerking van de resultaten	9
7. Gesteldheid van weer en bodemstructuur in de loop der jaren	10
7.1. Variatie in regenval gedurende de onderzoeksperiode	10
7.2. Variatie in bodemfysische eigenschappen van de grond in de loop der jaren.	12
7.2.1. De bouwvoorstructuur	12
7.2.2. De vochtkarakteristiek van het profiel	13
7.2.3. De zuurstofdiffusie in het profiel	15
8. Betekenis van de regenval voor de bodemfysische eigenschappen	17
8.1. Regenval en actuele structuur	17
8.2. Regenval en vochtkarakteristiek	21
8.3. Regenval en zuurstofdiffusie	26
9. Bespreking van de resultaten	33
10. Samenvatting en conclusies	36
11. Summary	37
12. Literatuur	38

1. INLEIDING

Het is algemeen bekend dat de opbrengsten van akkerbouwgewassen van jaar tot jaar sterk kunnen variëren. Uit onderzoek is gebleken dat naast verschillen van jaar tot jaar over reeksen van jaren ook perioden met stijgende en met dalende opbrengsten voorkomen. Deze perioden wisselen tamelijk regelmatig, waardoor - grafisch weergegeven - een golfbeweging met een bepaalde periodeduur ontstaat (Van der Paauw, 1948). Eveneens is uit onderzoek van Van der Paauw (1948) gebleken dat enkele belangrijke bodemvruchtbaarheidsfactoren als pH-H₂O, P-getal en K-getal deze schommelingen ook vertonen en dat er een duidelijk verband bestaat tussen deze schommelingen en die van de opbrengsten. Een verklaring voor deze schommelingen werd gezocht en gevonden in het verloop van het weer. Er bleek nl. een tamelijk duidelijke samenhang tussen de schommelingen van de gemiddelde neerslag enerzijds en die van de opbrengsten en de bodemvruchtbaarheidsfactoren pH-H₂O, P-getal en K-getal anderzijds (Van der Paauw, 1961a, b). Omdat de invloed van het weer op de genoemde factoren voor een belangrijk deel via de grond tot stand komt, zullen er naast de reeds genoemde bodemvruchtbaarheidsfactoren ook nog andere factoren zijn die - afhankelijk van de weersinvloed - de bodemvruchtbaarheid in meer of mindere mate kunnen beïnvloeden. Naast chemische, zullen ook bodemfysische en microbiologische factoren een belangrijke rol kunnen spelen. Deze overwegingen vormden de aanleiding om in 1961 een interne werkgroep in het leven te roepen om een onderzoek naar de relatie weer-grond-gewas ter hand te nemen. In dat kader werd in de jaren 1961 t/m 1973 o.a. de invloed van de neerslag op de bodemstructuur uitvoerig nagegaan. De uitvoering en resultaten van dit onderzoek zullen in het volgende worden besproken.

2. OBJECTEN VAN ONDERZOEK

Het onderzoek werd uitgevoerd op een drietal proefvelden van verschillend bodemtype, nl. een zwarte enkeerdgrond (oude esgrond) te Heino, een polder-vaaggrond (lichte zavel) te Hornhuizen en een poldervaaggrond (zware klei) te Nieuw Beerta.

De profielopbouw van het proefveld te *Heino* was als volgt:

- 0 - 90 à 100 cm: zwart humeus zand (esdek met \pm 5% humus)
- > 100 cm : bruin (oude oerlaag) overgaand in geel zand.

Het profiel te *Hornhuizen* kan als volgt worden beschreven:

- 0 - 25 cm : bouwvoor (lichte zavel met 11% afslibbare delen
< 16 μ m en humusgehalte \pm 2%)
- > 25 cm : humusarme (<1,5%) lichte, geleidelijk overgaand in zeer lichte, zavel.

Op de zware klei te *Nieuw-Beerta* moest door onvoorziene omstandigheden tweemaal van proefperceel worden veranderd. Hierdoor was het aantal gegevens per proefperceel gering, en in verband hiermee is dit proefveld bij de verwerking buiten beschouwing gelaten.

3. VERBOUWDE GEWASSEN EN GRONDBEWERKING

Het gewas en de daarbij behorende bewerking en behandeling van de grond kan in belangrijke mate van invloed zijn op de actuele bouwvoorstructuur. In verband hiermee werden van beide proefvelden - voor zover mogelijk - achteraf gegevens hierover verzameld. In Heino, waar met vaste vruchtopvolging aardappels, winterrogge en haver werden verbouwd, konden alle gegevens over aard en tijdstip van grondbewerking worden achterhaald. In alle proefjaren werd na granen één of meerdere malen een stoppelbewerking uitgevoerd, waarbij na rogge in de tweede helft van augustus stoppelknollen werden gezaaid. De hoofdgrondbewerking (\pm 25 cm ploegen) voor de volgende gewassen (aardappelen na haver en haver na rogge) werd, afhankelijk van de weersomstandigheden, meestal uitgevoerd in de periode december - maart. Na aardappels werd meestal geëgd of gecultiverd, in oktober op zaaivoor (20 cm) geploegd en rogge gezaaid. Het zaai- of pootklaar maken in het voorjaar, voor haver in maart en voor aardappelen in april, gebeurde door middel van eggen of cultivateren + eggen.

In Hornhuizen, met een vaste vruchtopvolging van aardappels, zomertarwe en haver konden de gegevens over tijdstip en aard van de grondbewerking slechts gedeeltelijk worden achterhaald. In het algemeen werd in de herfst een stoppelbewerking uitgevoerd en werd voor de winter op wintervoor geploegd. In het voorjaar, meestal in de maand april, werd de grond met cultivator en eg zaai- of pootklaar gemaakt.

4. GEHANTEERDE WEERGEGEVENS

De gegevens over het weer werden verzameld uit de door het KNMI te De Bilt gepubliceerde overzichten. Voor waarnemingen van de neerslag werd gebruik gemaakt van het meest nabij gelegen regenstation. Voor zandgrond was dat Heino en voor zavelgrond Eenrum.

5. BEPALING VAN DE BODEMFYSISCH EIGENSCHAPPEN

Hiertoe werden op beide proefvelden enkele malen per jaar bemonsteringen en waarnemingen gedaan op de in tabel I vermelde tijdstippen.

TABEL I. Tijdstip van uitgevoerde bemonsteringen.

TABLE I. Dates of sampling.

Jaar	Heino			Hornhuizen		
	voorjaar	zomer	nazomer	voorjaar	zomer	nazomer
1961	15/5		9/10	16/5		9/10
1962	17/4		24/9	18/4		3/10
1963	17/4		23/10		23/7	21/10
1964		15/6	18/8		18/6	14/9
1965	23/3	11/6	25/8	31/3	16/6	29/9
1966	1/4	25/5	26/8	15/4	17/6	12/9
1967	23/3	16/6	11/8	17/3	7/6	30/8
1968	1/4	31/5	19/8	26/3	14/6	5/10
1969	1/4	23/6	8/8	2/4	19/6	2/9
1970	26/3		5/8	23/3		7/9
1971	2/4		11/8	15/4		10/9
1972	19/4	28/6	17/8	19/4	5/7	6/9
1973	19/4		17/8	9/5		

In de meeste gevallen werd bij drie gewassen de bouwvoorstructuur gekarakteriseerd door bepaling van de grond-water-luchtverhouding en door visuele beoordeling. Tevens werd bij het gewas aardappelen tot 50 cm -maaiveld (1971-1973 tot 100 cm) per laag van 10 cm de vocht- en luchthoudding vastgesteld door bepaling van de vocht karakteristieken.

De monsters voor grond-water-luchtverhouding werden met Kopeckiringen (vol. 100 cc) genomen (Kuipers, 1955), per gewas 10 ringen van de laag 7-12 cm.

Bij de visuele beoordeling wordt o.a. gelet op grootte en vorm van de aggregaten en de porositeit en binding van en tussen de aggregaten (Peerlkamp, 1958). Op minimaal tien plekken per object wordt de gehele bouwvoor beoordeeld en een gemiddeld waarderingscijfer gegeven in een schaal van 1-10. Hierbij duidt een laag cijfer op een slechte en een hoog cijfer op een goede structuur (zie fotopagina).

De monsters voor bepaling van de vocht karakteristieken werden op twee veldjes, nl. bij de hoogste en laagste N-gift, eveneens met Kopeckiringen in profielkuilen genomen, per kuil per laag van 10 cm vijf monsters.

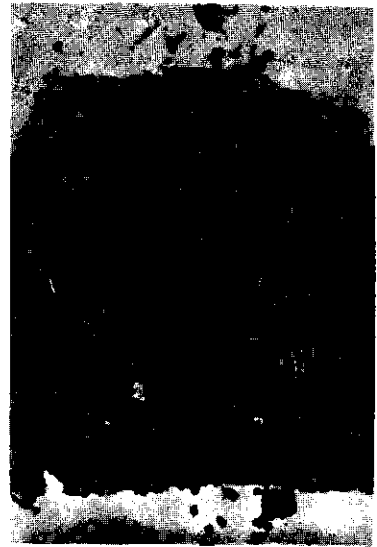
Behalve de hiervoor reeds genoemde, door de afdeling Bodemfysica uitgevoerde bepalingen en waarnemingen, zijn door de sectie Plantkunde zuurstofdiffusiemetingen (ODR) in het veld gedaan volgens de door Wiersum beschreven methode (Wiersum, 1960). Met uitzondering van de winterperiode, waarin niet werd gemeten, werden aanvankelijk acht à tien metingen per jaar bij drie gewassen gedaan, in latere jaren werd alleen bij het gewas aardappelen regelmatig om de twee weken gemeten tot 18 à 20 metingen per jaar. Op beide proefvelden werd per 10 cm gemeten, in Heino tot 100 cm-maaiveld, in Hornhuizen tot 1965 eveneens tot 100 cm en vanaf 1965 tot 70 cm-maaiveld. De zuurstofdiffusiesnelheid is uitgedrukt in halve micro-ampères ($0.5 \cdot 10^{-6}$ amp). Meteraflezingen ≤ 20 worden hierbij als onvoldoende beschouwd (Mesker, 1969). Gelijktijdig met de metingen werden van alle hiervoor genoemde lagen monsters voor vochtgehaltebepaling genomen.



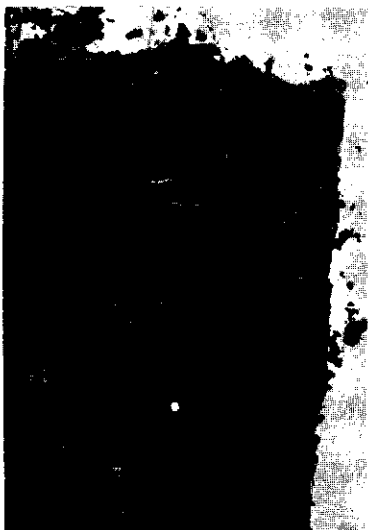
zeer goede structuur
beoordeling 8½



goede structuur
beoordeling 7



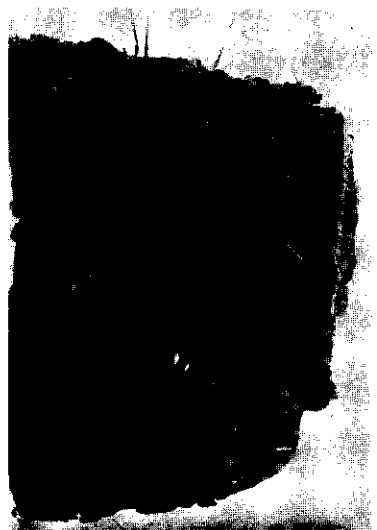
tamelijk goede structuur
beoordeling 6



matige structuur
beoordeling 5



slechte structuur
beoordeling 4



zeer slechte structuur
beoordeling 2

Visuele structuurbeoordeling van de grond.

6. WIJZE VAN VERWERKING VAN DE RESULTATEN

De verwerking is voornamelijk gericht op het vaststellen van een eventuele invloed van de neerslag op de diverse bodemfysische factoren. Hiertoe is in de eerste plaats voor beide proefvelden en voor alle gewassen het verloop van de verschillende structuuraspecten en van de regenval in de jaren van onderzoek nagegaan. Vervolgens zijn de neerslaghoeveelheden in de periode september t/m februari beoordeeld op samenhang met de in het daarop aansluitende voorjaar en zomer verzamelde bodemfysische gegevens. Zowel de neerslagperiode als de waarnemingsperiode zijn bij de verwerking in kortere tijdvakken gesplitst. Ook voor de voorjaars- en zomerneerslag is de relatie met de in aansluitende waarnemingsperioden verzamelde gegevens nagegaan.

Een indruk over de invloed van de neerslag op de bodemfysische factoren is in eerste instantie verkregen door berekening van correlatiecoëfficiënten. Daarnaast is in een aantal gevallen bij geheel of bijna betrouwbare correlaties (> 5% kr. grens) de samenhang grafisch weergegeven.

7. GESTELDHEID VAN WEER EN BODEMSTRUCTUUR IN DE LOOP DER JAREN

Eerst zal worden nagegaan hoe het in de verschillende jaren op beide proefvelden met de neerslag en de neerslagverdeling gesteld is geweest. Daarbij is vooral aandacht besteed aan de regenval in een aan de groei-periode voorafgaande herfst- en winterperiode, nl. van september t/m februari.

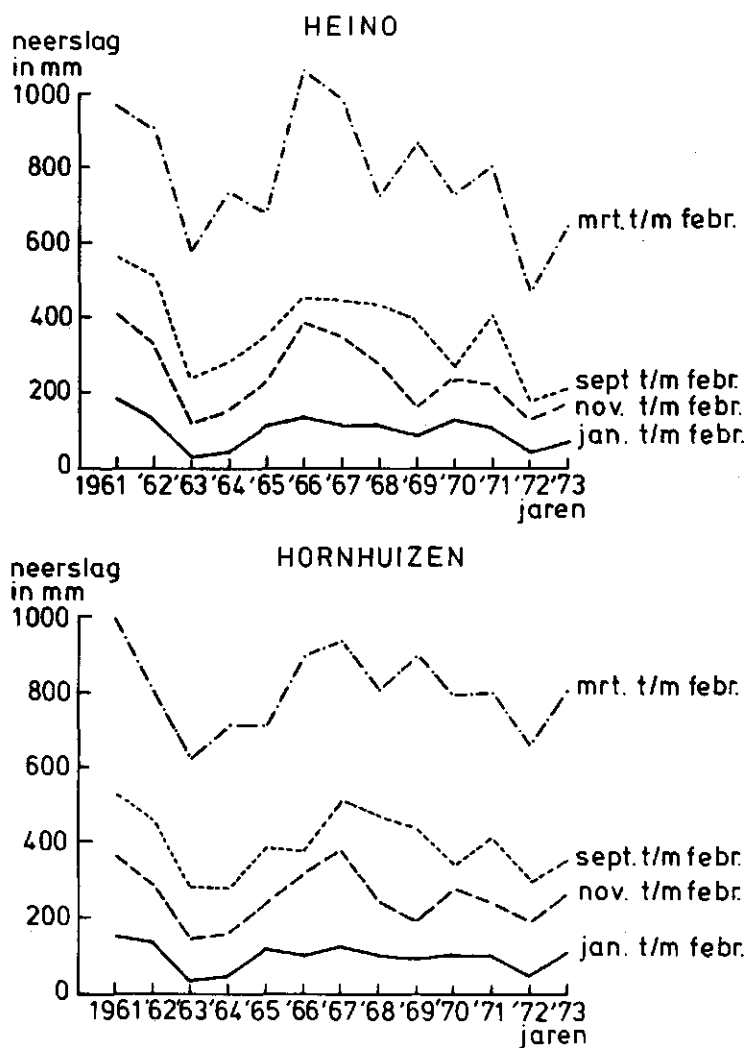
In de tweede plaats zal worden bekeken hoe de verschillende bodemfysische aspecten in de loop der jaren variëren.

7.1. Variatie in regenval gedurende de onderzoeksperiode

Om een indruk te krijgen over de variatie in regenval en regenvalverdeling is in figuur 2 voor beide proefvelden weergegeven hoeveel water er in verschillende perioden, voorafgaand aan de voorjaarsbepaling van de bodemfysische gesteldheid, is gevallen. Op beide proefvelden blijkt een tamelijk grote variatie in de neerslaghoeveelheid. In Heino lopen de jaarlijkse hoeveelheden (mrt. t/m febr.) over de proefjaren uiteen van veer 460 - 1060 mm, in Hornhuizen blijkt deze variatie iets minder groot, met waarden tussen ongeveer 660 - 1000 mm. Afgezien van deze verschillen is er tussen de beide proefvelden een tamelijk duidelijke overeenkomst in het verloop van de jaarlijkse regenval over de proefjaren.

Opmerkelijk is verder dat het verloop van de regenval in de herfst- en winterperiode sept. t/m febr. op beide proefvelden in grote lijnen overeenkomt met die van de jaarlijkse perioden. Hetzelfde geldt ook voor de periode van nov. t/m febr. en, zij het in veel mindere mate, voor de periode jan. t/m febr.

In het algemeen kan echter gesteld worden dat de variatie in regenvalhoeveelheden over de proefjaren van dien aard is, dat een eventuele invloed hiervan op de bodemfysische aspecten kan worden vastgesteld.



Figuur 2. Neerslagverdeling voor verschillende perioden over de jaren 1961-1973.

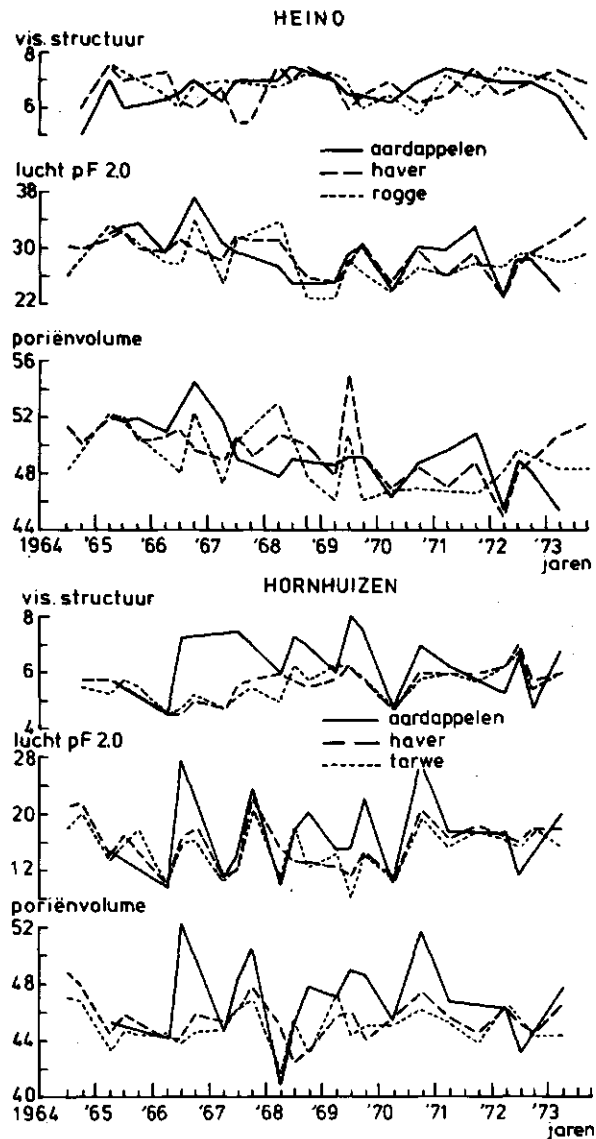
Figure 2. Distribution of precipitation over various periods during 1961-1973.

7.2. Variatie in bodemfysische eigenschappen in de loop der jaren

7.2.1. De bouwvoorstructuur

Het verloop van de bouwvoorstructuur, gekarakteriseerd door poriënvolume, luchtgehalte bij pF 2,0 en door visuele beoordeling, is voor beide proefvelden weergegeven in figuur 3. Hieruit blijkt dat er zowel van jaar tot jaar, alsook per jaar duidelijke verschillen in structuur voorkomen. Opmerkelijk is hierbij dat het verloop voor de verschillende gewassen nogal uiteenloopt. Mogelijk is dit een gevolg van verschil in voorvrucht, aard van de grondbewerking en tijdstip van grondbewerking t.o.v. het bemonsteringstijdstip. Wat dit laatste betreft, blijkt dat in het voorjaar in Heino bij haver steeds is bemonsterd na de voorjaarsgrondbewerking, bij aardappels is in het voorjaar, behoudens één uitzondering, in alle proefjaren bemonsterd voor deze bewerking. Bij winterrogge is de voorjaarsgrondbewerking (schoffelen of eggen) van geringe betekenis voor de actuele structuur. Op het proefveld in Hornhuizen werd, met uitzondering van de drie laatste proefjaren en enkele incidentele gevallen in de hieraan voorafgaande jaren, in het voorjaar bij alle drie gewassen bemonsterd voor de voorjaarsgrondbewerking. De schommelingen van jaar tot jaar in het structuurverloop van elk gewas afzonderlijk kunnen dus niet verklaard worden door het tijdstip van de voorjaarsgrondbewerking t.o.v. het bemonsteringstijdstip. Wel zou het een verklaring kunnen zijn voor het verschil in verloop tussen de gewassen in Heino en de schommelingen per jaar die vooral in Hornhuizen duidelijk naar voren komen.

Wat het structuurniveau betreft, blijkt voor Heino dat de visuele structuur met gemiddelde waarden tussen 6 en 7,5 op lange termijn tamelijk constant blijft. Het poriënvolume en luchtgehalte daarentegen zijn in de loop der jaren iets teruggelopen. Met gemiddelde waarden voor poriënvolume van 48-50% en voor luchtgehalte van 25-30% is het niveau echter nog ruim voldoende. In Hornhuizen is het structuurniveau beduidend lager dan in Heino. Met gemiddelde waarden van 4,5 - 6,5 voor visuele structuur, 43-48% voor poriënvolume en 10-20% voor luchtgehalte bij pF 2,0 moet het niveau als matig worden beschouwd. Opmerkelijk is verder in Hornhuizen dat de visuele structuur van 1966-1969 geleidelijk stijgt, daarna blijft het tamelijk constant. Deze stijging in visuele structuur is niet in overeenstemming met de actuele structuur, gekarakteriseerd door poriënvolume en luchtgehalte. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat het poriënvolume en

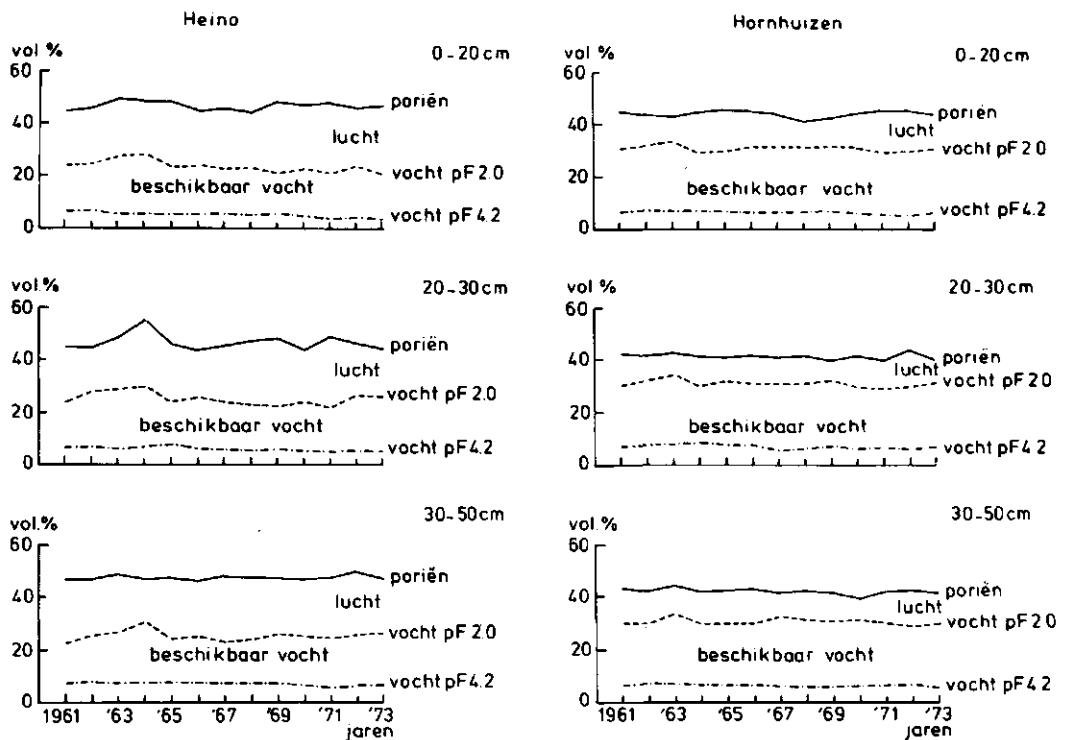


Figuur 3. Structuur van de bouwvoor van 1964-1974.
 Figure 3. Structure of the plough layer from 1964-1974.

luchtgehalte wordt bepaald in een 5-cm laag, ongeveer midden uit de bouwvoor, bij de visuele beoordeling wordt echter de gehele bouwvoor in beschouwing genomen.

7.2.2. De vochtkarakteristiek van het profiel

In figuur 4 is het verloop van de vochtgehalten bij pF 2,0 en pF 4,2 en van het poriënvolume van de lagen 0-20, 20-30 en 30-50 cm voor beide proefvelden over alle proefjaren weergegeven. Deze figuur geeft een



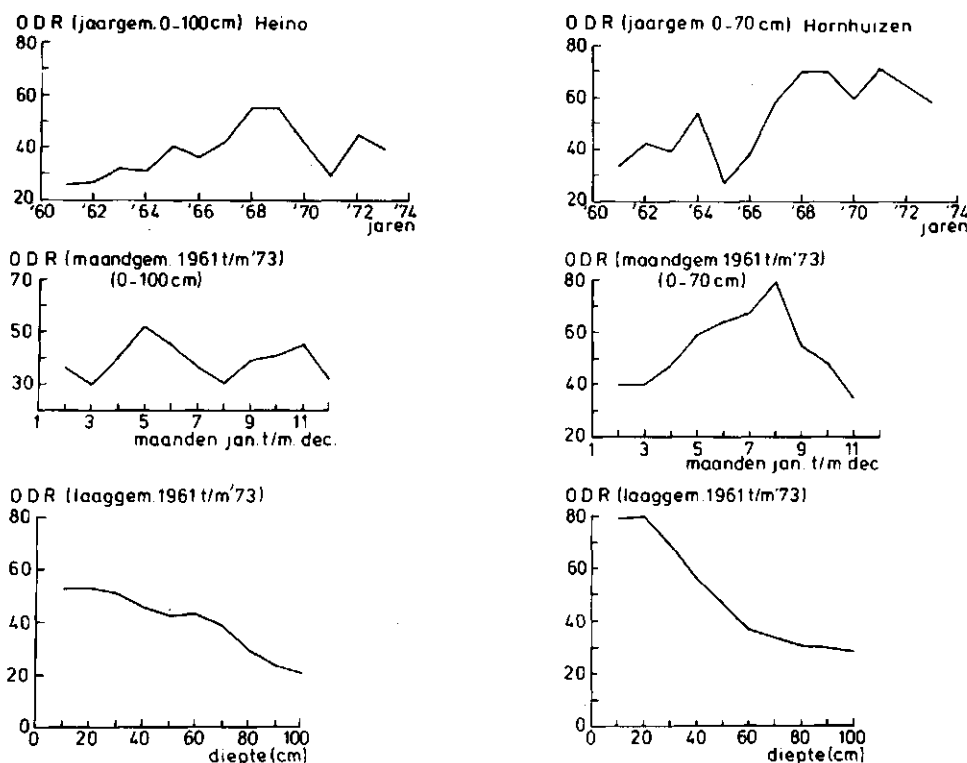
Figuur 4. Verloop poriënvolume en vochtgehalte bij pF 2,0 en pF 4,2 van verschillende lagen van 1961 tot 1973.

Figure 4. Pore space, moisture content at pF 2.0 and pF 4.2 of different soil layers, from 1961 to 1973.

redelijk goede indruk hoe het met de vocht-en luchthuishouding in het profiel op beide proefvelden is gesteld. Op het proefveld in Heino blijkt het luchtgehalte in alle lagen ruim voldoende voor een goede groei van de gewassen. Ook de hoeveelheid beschikbaar vocht kan in dit verband als gunstig worden beschouwd. Op het proefveld in Hornhuizen blijkt het luchtgehalte, vooral in de lagen beneden de bouwvoor, aan de lage kant. Een nadelige invloed hiervan op de beworteling en groei van de gewassen is niet uitgesloten. De hoeveelheid beschikbaar vocht in het profiel kan hier als ruim voldoende worden beschouwd.

7.2.3. De zuurstofdifffusie in het profiel

Om een indruk te krijgen over eventueel voorkomende verschillen in O_2 -diffusiesnelheid werd eerst voor beide proefvelden het verloop van het jaargemiddelde en van het maandgemiddelde van het gehele profiel over alle proefjaren nagegaan (figuur 5). In deze figuur is tevens het verloop van het laaggemiddelde naar de diepte (per 10 cm tot 100 cm-maaiveld) weergegeven. Het blijkt dat er zowel tussen de jaren, alsook tussen de



Figuur 5. Verloop zuurstofdifffusiesnelheid (ODR) van 1962-1974.
 Figure 5. Oxygen diffusion rate (ODR) from 1962-1974.

maanden duidelijke verschillen in diffusiesnelheid voorkomen. Voor de laaggemiddelden blijkt, zoals verwacht kon worden, van 10-100 cm-maaiveld een duidelijk afnemende O_2 -diffusiesnelheid. Opmerkelijk is wel dat er tussen beide proefvelden een duidelijk verschil in niveau en verloop voorkomt. Wat hierbij vooral opvalt is dat in Heino, in tegenstelling met wat men gezien de lucht- en vochtgehalten zou verwachten, het niveau duidelijk lager ligt dan in Hornhuizen. Mogelijk is dit een gevolg van

verschil in bodemtype, terwijl in dit verband ook vermeld dient te worden dat in Heino onder droge omstandigheden vaak afwijkende (lage) diffusiewaarden worden gemeten (Mesker, 1971). Bij nadere beschouwing van het verloop van de jaargemiddelden in Hornhuizen blijkt verder nog dat het niveau in de jaren 1967 t/m 1973 duidelijk hoger ligt dan in de daaraan voorafgaande jaren. Mogelijk houdt dit verband met vernieuwing van de meetapparatuur (Mesker, 1966). In Heino is het niveauverschil tussen de genoemde tijdvakken niet duidelijk. Tenslotte kan nog worden opgemerkt dat het verloop van de maand- en laaggemiddelden in Hornhuizen in grote lijnen in overeenstemming is met de verwachtingen; in Heino is dat in veel mindere mate het geval.

8. BETEKENIS VAN DE REGENVAL VOOR DE BODEMFYSISCH EIGENSCHAPPEN

In het volgende zal worden nagegaan of er enig verband bestaat tussen de geconstateerde verschillen in regenval en regenverdeling en de variaties in de verschillende bodemfysische eigenschappen. Dat zal in hoofdzaak gebeuren aan de hand van de berekende correlatiecoëfficiënten en van enkele grafisch weergegeven verbanden.

8.1. Regenval en actuele structuur

De correlatiecoëfficiënten betreffende de relatie neerslag - actuele structuur zijn vermeld in tabel II. Het is wel duidelijk dat daaruit geen eenduidige invloed van de neerslag op de structuur van de bouwvoor blijkt. Een mogelijke verslechtering van de structuur als gevolg van de neerslag zou nl. tot uiting moeten komen door negatieve correlaties met poriënvolume, luchtgehalte en visuele beoordeling; een structuurverbetering door positieve correlaties met deze factoren.

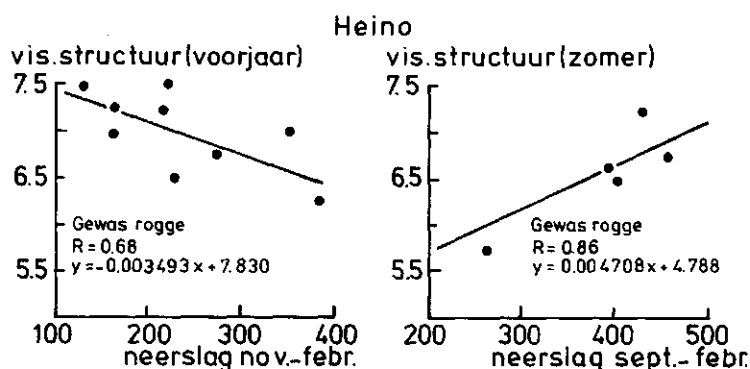
Wat Heino betreft, zijn voor de najaars- en winterneerslag in de meeste gevallen positieve correlaties gevonden met poriënvolume en luchtgehalte, die echter niet betrouwbaar zijn. Voor de visuele beoordeling zijn alleen bij de zomerbemonstering bij de gewassen aardappels en rogge positieve, en voor de overige gevallen voornamelijk negatieve correlaties gevonden, die in enkele gevallen op het 5%-niveau betrouwbaar zijn (figuur 6). Dat bij rogge en aardappels de correlatie met de voorjaarsstructuur afwijkt en tegengesteld is aan die met de zomerstructuur is vermoedelijk het gevolg van een tussentijdse grondbewerking. Voor aardappels is dat de intensieve voorjaarsgrondbewerking, voor rogge de na de oogst uitgevoerde stoppelbewerking om knollen te kunnen zaaien.

In Hornhuizen blijkt met uitzondering van de bemonsteringsperiode juni/sept. bij aardappels en een aantal waarden van de neerslagperiode sept./okt. een overwegend negatieve correlatie van de winterneerslag met het luchtgehalte en de visuele structuur. Bij granen zijn deze correlaties in een aantal gevallen betrouwbaar op het 5%-niveau (figuur 7).

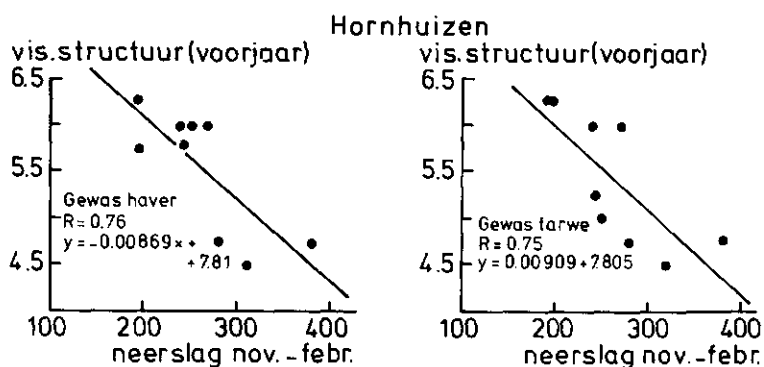
TABEL II. Correlatiecoëfficiënten neerslag - structuur bouwvoor.

TABLE II. Coefficients of correlation for precipitation and structure of plough layer.

Gewas		Bemonstering					juni t/m sept. II					mei t/m juli		aug. t/m sept.		
		mrt. t/m mei														
		Neerslag					Neerslag					Neerslag		Neerslag		
		sept. okt.	nov. dec.	jan. febr.	sept. febr.	nov. febr.	sept. okt.	nov. dec.	jan. febr.	sept. febr.	nov. febr.	1 mrt. 15 mei		16 mei 31 juli		
<i>Heino</i>																
Aardappelen	Poriënvolume	0,21	0,56	0,23	0,50	0,47	-0,10	0,27	0,48	0,12	0,20	0,55		0,66		
	Lucht pF 2,0	0,09	0,45	0,04	0,31	0,31	-0,18	0,16	0,03	0,00	0,12	0,42		0,54		
	Vis. str.	0,64	-0,53	-0,48	-0,03	-0,56	0,10	0,42	0,56	0,50	0,51	-0,98		0,63		
	Vocht pF 2,0	0,13	-0,13	0,30	0,10	0,03	0,20	0,01	0,00	0,12	0,01	0,22		-0,28		
Haver	Poriënvolume	0,24	0,42	0,50	0,52	0,48	0,39	-0,09	0,04	0,20	-0,05	0,39		-0,10		
	Lucht pF 2,0	0,01	0,30	0,19	0,24	0,28	-0,38	0,01	0,10	-0,20	0,05	0,19		-0,34		
	Vis. str.	0,18	-0,33	0,11	-0,06	-0,21	0,17	-0,43	-0,07	-0,17	-0,33	0,52		0,02		
	Vocht pF 2,0	0,37	0,00	0,37	0,31	0,15	0,67	-0,07	-0,09	0,34	-0,09	0,12		0,32		
Rogge	Poriënvolume	-0,05	0,11	0,19	0,09	0,15	-0,26	0,60	0,17	0,26	0,50	0,02		0,82		
	Lucht pF 2,0	-0,11	0,10	0,27	0,08	0,18	-0,43	0,48	0,23	0,09	0,44	-0,31		0,53		
	Vis. str.	0,35	-0,58	-0,75	-0,32	-0,68	0,59	0,51	0,16	0,86	0,44	-		0,47		
	Vocht pF 2,0	0,16	-0,08	-0,31	-0,05	-0,18	0,44	-0,20	-0,20	0,10	-0,22	0,43		-0,02		
<i>Hornhuizen</i>																
Aardappelen	Poriënvolume	-0,18	-0,41	0,07	-0,45	-0,30	-0,39	0,45	0,81	0,15	0,60	-0,09		-0,42		
	Lucht pF 2,0	0,04	-0,54	-0,18	-0,39	-0,49	-0,51	0,47	0,68	0,01	0,57	-0,56		-0,46		
	Vis. str.	0,53	-0,52	0,14	0,42	-0,37	0,37	0,12	0,70	0,65	0,32	0,55		-0,74		
	Vocht pF 2,0	-0,21	0,47	0,32	0,22	0,49	0,58	-0,43	-0,46	0,15	-0,47	0,73		0,50		
Haver	Poriënvolume	0,10	0,01	0,11	0,13	0,05	-0,53	0,15	0,17	-0,25	0,17	-0,11		-0,51		
	Lucht pF 2,0	0,21	-0,37	-0,21	-0,13	-0,35	-0,78	0,09	-0,12	-0,58	0,00	-0,07		-0,39		
	Vis. str.	0,52	-0,72	-0,54	-0,16	-0,76	0,28	-0,52	-0,39	-0,25	-0,52	-0,12		-0,35		
	Vocht pF 2,0	-0,21	0,44	0,29	0,19	0,44	0,64	0,00	0,34	0,62	0,15	0,01		0,16		
Tarwe	Poriënvolume	0,06	0,00	0,23	0,13	0,09	-0,38	0,16	-0,18	-0,26	0,03	-0,40		-0,77		
	Lucht pF 2,0	0,23	-0,38	0,01	-0,04	-0,27	-0,71	0,10	-0,25	-0,57	-0,04	-0,14		-0,32		
	Vis. str.	0,40	-0,74	-0,47	-0,26	-0,75	0,52	-0,63	-0,53	-0,20	-0,66	-0,07		-0,22		
	Vocht pF 2,0	-0,23	0,49	0,21	0,19	0,44	0,61	-0,04	0,19	0,52	0,06	-0,07		-0,09		



Figuur 6. Structuur bouwvoor Heino.
Figure 6. Structure of plough layer, Heino.

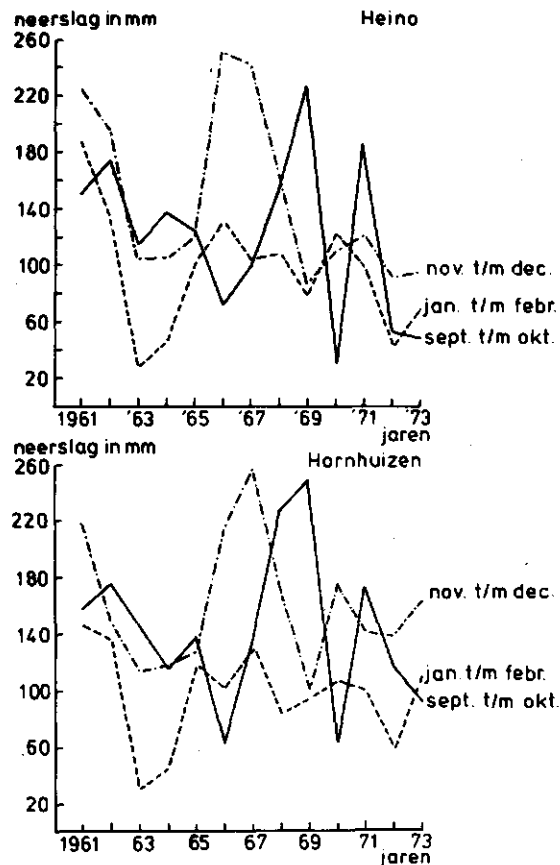


Figuur 7. Structuur bouwvoor Hornhuizen.
Figure 7. Structure of plough layer, Hornhuizen.

Voor poriënvolume en vochtgehalte blijken, behoudens enkele uitzonderingen, voornamelijk bij het gewas aardappelen, overwegend positieve correlaties met de winterneerslag, die in slechts enkele gevallen betrouwbaar zijn.

Opmerkelijk zijn ook hier de tegengestelde correlaties van de voorjaarsbemonstering t.o.v. de zomerbemonstering bij het gewas aardappels. Vermoedelijk is dit ook het gevolg van de voor het pootklaar maken gebruikelijke intensieve grondbewerking.

Opmerkelijk is verder nog dat, zowel in Heino als in Hornhuizen, de correlaties voor de neerslagperiode sept./okt. vaak tegengesteld zijn aan die van de perioden nov./dec. en jan./febr. Een verklaring hiervoor blijkt uit het verloop van de neerslaghoeveelheden voor de betreffende perioden over alle proefjaren (figuur 8). Op beide proefvelden komt nl. een duidelijke afwijking in verloop van de sept./okt.-periode t.o.v. de andere perioden naar voren.



Figuur 8. Neerslagverdeling voor verschillende perioden over de jaren 1961-1973.

Figure 8. Distribution of precipitation during various periods over the years 1961-1973.

Voor de neerslag tijdens het groeiseizoen blijkt, ondanks enkele betrouwbare correlaties geen eenduidige invloed op de actuele structuur. Behoudens enkele uitzonderingen met tegengestelde correlaties voor de voor- en nazomer blijkt in Heino een overwegend positieve, en in Hornhuizen een overwegend negatieve correlatie van de neerslag met de actuele structuur.

Over de relatie neerslag - actuele structuur kan in het algemeen gesteld worden dat de neerslag in de wintermaanden in Heino van geringe betekenis is geweest voor de actuele structuur en in Hornhuizen een nadelige invloed heeft gehad. Op beide proefvelden wordt een in het voorjaar voorkomende negatieve invloed in de zomer positief wanneer tussentijds een ingrijpende grondbewerking is uitgevoerd. Betreffende de neerslag tijdens het groeiseizoen is er een zwakke tendens die in Heino duidt op een positieve, en in Hornhuizen op een negatieve invloed van de neerslag op de actuele structuur.

8.2. Regenval en vocht karakteristiek

Voor de laag 0-50 cm is per 10-cm laag de samenhang tussen de neerslag - hoeveelheden enerzijds en het poriënvolume, luchtgehalte en vochtgehalten bij verschillende pF-waarden anderzijds voor verschillende neerslag bemonsteringsperiodes nagegaan. Uit de correlatiecoëfficiënten in tabel III blijkt voor het *proefveld te Heino* in de meeste gevallen een negatief verband tussen najaars- en winterneerslag enerzijds en poriënvolume anderzijds. Een negatieve samenhang was er ook met het luchtgehalte in de bovenste 20 cm en het vochtgehalte in de onderste 30 cm. Dit geldt vooral voor de neerslag in nov. t/m febr. en in mindere mate voor de neerslag - periode sept./okt.

Voor de neerslag in voorjaar en zomer blijkt geen duidelijke invloed op poriënvolume, vocht- of luchtgehalte. Alleen voor de laag 10-20 cm zijn betrouwbaar positieve correlaties gevonden voor poriënvolume en luchtgehalte en een betrouwbaar negatieve correlatie voor het vochtgehalte bij pF 1,0.

Op het *proefveld te Hornhuizen* komt geen duidelijke invloed van de regenval in herfst en winter op de vocht karakteristieken in het voorjaar naar voren. Opmerkelijk en moeilijk te verklaren is echter dat enkele aspecten van de vocht karakteristiek in de zomer wel een duidelijke

TABEL III. Correlatiecoëfficiënten neerslag - vocht karakteristieken van het profiel.

TABLE III. Coefficients of correlation for precipitation and moisture characteristics of the soil.

Laag	Bemonsteringsperioden Heino						juni t/m sept.					mei t/m juli	aug. t/m sept.
	mrt. t/m mei	sept. okt.	nov. dec.	jan. febr.	sept. febr.	nov. febr.	sept. okt.	nov. dec.	jan. febr.	sept. febr.	nov. febr.	1 mrt. t/m 15 mei	16 mei t/m 31 juli
0-10 cm	Poriënvol.	-0,12	-0,25	<u>-0,57</u>	-0,39	-0,41	0,06	-0,25	-0,02	-0,11	-0,17	0,53	-0,19
	Vocht pF 1,0	-0,37	0,21	0,10	0,04	0,18	<u>-0,61</u>	0,13	0,15	-0,22	0,15	-0,33	-0,21
	" pF 1,5	-0,19	0,35	0,39	0,22	0,40	<u>-0,65</u>	0,32	0,19	-0,13	0,30	-0,44	0,36
	" pF 2,0	<u>0,57</u>	-0,08	-0,13	0,20	-0,11	0,12	0,08	-0,48	-0,04	-0,14	-0,29	0,27
	Lucht pF 2,0	-0,53	-0,10	-0,27	-0,42	-0,18	-0,04	-0,23	0,30	-0,05	-0,03	0,57	-0,30
10-20 cm	Poriënvol.	-0,15	<u>-0,85</u>	<u>-0,62</u>	<u>-0,73</u>	<u>-0,81</u>	0,44	-0,56	-0,45	-0,21	<u>-0,57</u>	<u>-0,72</u>	-0,55
	Vocht pF 1,0	-0,22	-0,44	0,06	-0,32	-0,25	-0,40	-0,09	-0,26	-0,37	-0,17	-0,43	<u>-0,69</u>
	" pF 1,5	0,23	0,49	0,45	0,54	0,52	-0,52	0,30	0,03	-0,11	0,22	-0,63	0,27
	" pF 2,0	0,53	0,02	-0,14	0,23	-0,05	-0,20	-0,04	-0,43	-0,28	-0,21	-0,47	0,14
	Lucht pF 2,0	-0,47	<u>-0,59</u>	-0,31	<u>-0,66</u>	-0,52	0,43	-0,35	-0,04	0,04	-0,25	<u>0,72</u>	-0,41
20-30 cm	Poriënvol.	0,47	-0,31	-0,37	-0,05	-0,36	<u>0,62</u>	-0,32	-0,37	0,06	-0,36	0,23	-0,12
	Vocht pF 1,0	0,40	-0,13	-0,07	0,11	-0,12	0,07	-0,30	-0,55	-0,31	-0,43	-0,46	0,06
	" pF 1,5	0,47	0,28	0,14	0,43	0,24	-0,27	0,02	-0,16	-0,20	-0,05	-0,55	0,48
	" pF 2,0	0,16	-0,35	-0,54	-0,29	-0,47	-0,28	-0,24	-0,51	-0,46	-0,38	-0,32	-0,24
	Lucht pF 2,0	0,22	0,06	0,19	0,21	0,13	0,52	-0,03	0,10	0,32	0,02	0,35	0,07
30-40 cm	Poriënvol.	0,47	0,13	-0,10	0,27	0,04	-0,18	-0,18	-0,35	-0,32	-0,27	-0,08	0,00
	Vocht pF 1,0	-0,08	-0,04	-0,01	-0,06	-0,03	-0,55	-0,23	-0,43	<u>-0,59</u>	-0,34	-0,64	0,02
	" pF 1,5	0,18	0,18	-0,11	0,15	0,06	-0,45	-0,15	-0,12	-0,38	-0,15	-0,55	0,35
	" pF 2,0	0,47	-0,36	-0,39	-0,09	-0,40	-0,03	-0,51	-0,49	-0,46	-0,55	-0,13	-0,37
	Lucht pF 2,0	-0,35	0,40	0,36	0,15	0,42	-0,06	0,32	0,23	0,22	0,31	0,07	0,26
40-50 cm	Poriënvol.	-0,08	-0,54	<u>-0,76</u>	<u>-0,59</u>	<u>-0,68</u>	-0,28	-0,25	<u>-0,63</u>	-0,52	-0,43	-0,68	-0,12
	vocht pF 1,0	-0,21	0,02	-0,41	-0,24	-0,16	<u>-0,63</u>	-0,18	-0,56	<u>-0,65</u>	-0,35	-0,66	-0,14
	" pF 1,5	0,08	0,29	-0,14	0,14	0,12	-0,50	-0,05	-0,10	-0,35	-0,08	-0,55	0,30
	" pF 2,0	0,41	-0,50	-0,44	-0,21	-0,51	-0,13	-0,45	-0,46	-0,48	-0,49	-0,32	-0,34
	Lucht pF 2,0	-0,45	0,28	0,15	-0,03	0,24	-0,01	0,28	0,12	0,19	0,24	-0,06	0,22

Bemonsteringsperioden Hornhuizen					juni t/m sept.					mei t/m juli	aug. t/m sept.
mrt. t/m mei										1 mrt t/m 15 mei	16 mei t/m 31 juli
sept. okt.	nov. dec.	jan. febr.	sept. febr.	nov. febr.	sept. okt.	nov. dec.	jan. febr.	sept. febr.	nov. febr.		
0,10	-0,33	0,14	-0,07	-0,19	<u>-0,81</u>	0,33	0,19	-0,33	0,30	-0,18	0,45
-0,43	-0,02	0,00	-0,38	-0,01	<u>-0,70</u>	0,26	0,09	-0,32	0,21	-0,26	<u>-0,71</u>
-0,55	0,02	0,06	-0,43	0,04	-0,36	0,05	0,05	-0,22	0,05	-0,09	<u>-0,74</u>
-0,23	0,28	-0,01	-0,02	0,20	0,40	-0,28	-0,46	-0,06	-0,41	0,36	0,21
0,29	-0,35	0,04	0,04	-0,24	<u>-0,71</u>	0,33	0,30	-0,20	0,36	-0,16	0,31
0,00	0,03	-0,14	-0,04	-0,04	<u>-0,67</u>	-0,04	-0,30	<u>-0,65</u>	-0,17	-0,14	-0,14
-0,25	0,09	-0,38	-0,30	-0,09	<u>-0,66</u>	0,08	-0,06	-0,47	0,03	-0,31	-0,29
-0,41	0,19	-0,25	-0,32	0,03	<u>-0,71</u>	0,03	-0,13	-0,56	-0,04	-0,09	-0,41
-0,17	0,31	0,02	0,06	0,23	0,44	-0,24	-0,22	0,10	-0,26	0,10	0,03
0,10	-0,16	-0,09	-0,06	-0,16	<u>-0,66</u>	0,11	-0,06	-0,45	0,04	-0,14	-0,11
0,05	0,04	-0,42	-0,08	-0,15	<u>-0,67</u>	0,03	-0,55	<u>-0,71</u>	-0,24	-0,30	0,32
-0,10	-0,08	-0,57	-0,33	-0,29	-0,47	-0,16	-0,55	<u>-0,68</u>	-0,37	-0,03	0,06
0,14	-0,22	-0,55	-0,22	-0,40	-0,40	-0,26	-0,48	<u>-0,64</u>	-0,40	0,33	0,06
0,18	-0,11	0,02	0,10	-0,07	0,31	-0,35	-0,26	-0,08	-0,36	<u>0,69</u>	-0,13
-0,05	0,08	-0,34	-0,11	-0,07	<u>-0,71</u>	0,36	-0,07	-0,35	0,20	-0,51	0,28
0,03	0,06	-0,46	-0,09	-0,14	-0,07	-0,39	-0,40	-0,45	-0,46	0,00	0,31
0,30	-0,24	-0,31	0,00	-0,31	-0,46	-0,30	-0,43	<u>-0,70</u>	-0,41	0,20	0,01
0,36	-0,45	-0,34	-0,10	-0,48	-0,48	-0,18	-0,38	<u>-0,62</u>	-0,31	0,22	-0,11
-0,04	0,03	-0,24	-0,10	-0,08	0,20	-0,01	-0,32	0,00	-0,16	0,33	-0,06
0,34	-0,13	-0,03	0,20	-0,11	-0,20	-0,34	-0,15	-0,41	-0,30	-0,16	0,28
0,23	0,01	-0,19	0,14	-0,07	-0,11	0,12	-0,37	-0,17	-0,10	0,16	0,04
-0,26	0,44	-0,08	0,03	0,29	-0,31	0,49	-0,16	0,01	0,24	0,31	0,28
-0,02	0,31	0,10	0,22	0,28	-0,36	0,54	-0,13	0,00	0,30	0,34	0,27
0,00	0,46	0,13	0,33	0,40	0,24	0,14	-0,09	0,22	0,05	0,15	-0,18
0,12	-0,33	-0,19	-0,17	-0,32	-0,27	-0,03	-0,19	-0,29	-0,11	-0,02	0,15

samenhang vertonen met de neerslag in de voorafgaande nazomer en wel in negatieve zin. Vermoedelijk moet de verklaring gezocht worden in een verschillend effect van de voorjaarsgrondbewerking als gevolg van de verschillen in neerslaghoeveelheden en vochtomstandigheden tussen de jaren.

In het algemeen blijkt uit het voorgaande voor Heino een tendens dat bij toenemende neerslaghoeveelheden in de herfst- en winterperiode het poriënvolume, het vochtgehalte bij pF 2,0 en voor de bouwvoorlagen ook het luchtgehalte bij pF 2,0 iets afnemen. Naar aanleiding van deze tendens zijn voor de laag 0-50 cm de correlaties berekend tussen de hoeveelheden neerslag en de gemiddelde waarden voor poriënvolume, vocht- en luchtgehalte bij pF 2,0 en de totale hoeveelheid beschikbaar vocht (pF 2,0-pF 4,2) in deze laag. De resultaten van deze berekening, die ook voor Hornhuizen werd uitgevoerd, zijn in tabel IV vermeld.

TABEL IV. Correlatiecoëfficiënten neerslag - poriënvolume, vocht- en luchtgehalte en beschikbaar vocht bij verschillende neerslagperiodes.
TABLE IV. Coefficients of correlation for precipitation and pore space, moisture and air contents, and available moisture during different precipitation periods.

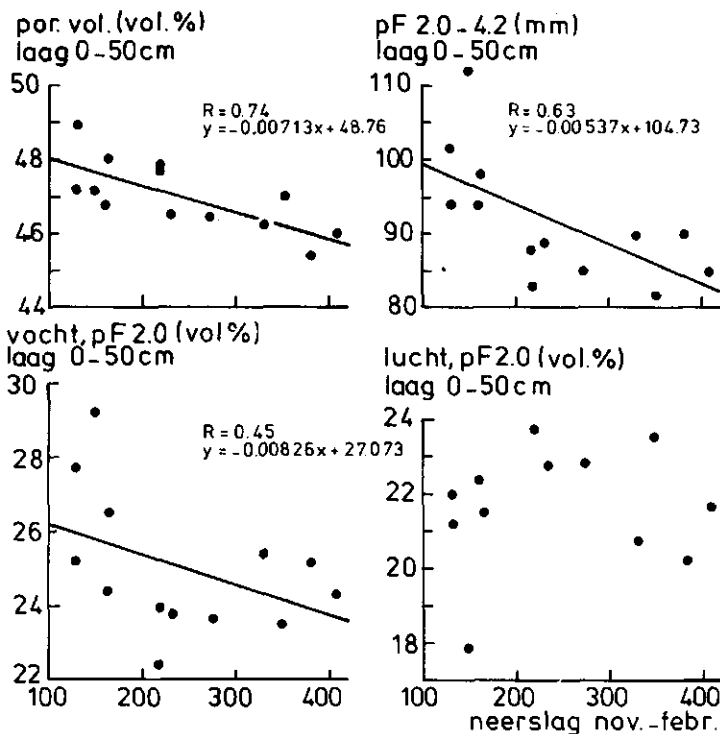
	Neerslagperiodes				
	sept./okt.	nov./dec.	jan./febr.	sept./febr.	nov./febr.
<i>Heino</i>					
Poriënvolume	0,22	<u>-0,68</u>	<u>-0,71</u>	-0,48	<u>-0,74</u>
Lucht pF 2,0	0,00	-0,04	<u>0,19</u>	0,05	<u>0,06</u>
Vocht pF 2,0	0,15	-0,32	<u>-0,55</u>	-0,30	-0,45
Beschikbaar vocht	0,05	-0,52	<u>-0,68</u>	-0,49	<u>-0,63</u>
<i>Hornhuizen</i>					
Poriënvolume	-0,43	0,09	-0,19	-0,32	-0,04
Lucht pF 2,0	-0,28	0,17	0,02	-0,09	0,12
Vocht pF 2,0	0,10	-0,17	-0,16	-0,09	-0,19
Beschikbaar vocht	-0,01	0,04	-0,17	-0,04	-0,16

(————) = > 5% kr. grens

(=====) = > 1% kr. grens

Wat Heino betreft, kan gezegd worden dat, met uitzondering van de neerslagperiode sept./okt., een tamelijk duidelijk negatieve correlatie blijkt van de neerslag met het poriënvolume, vochtgehalte bij pF 2,0 en de hoeveelheid beschikbaar vocht. Uit de berekende regressiecoëfficiënten blijkt 100 mm neerslag in de periode nov./febr. voor de laag 0-50 cm samen te gaan met een betrouwbare verlaging van het gem. poriënvolume van 0,7%, een niet geheel betrouwbare verlaging van het gem. vochtgehalte bij pF 2,0 van 0,8% en een betrouwbare verlaging van de hoeveelheid beschikbaar vocht van 5,4 mm (figuur 9). Het luchtgehalte bij pF 2,0 laat geen samenhang met de regenval zien.

In tegenstelling tot het proefveld in Heino blijkt in Hornhuizen geen enkele betrouwbare correlatie tussen de genoemde factoren. In het algemeen kan dan ook gesteld worden dat op dit proefveld de invloed van de najaars- en winterneerslag op de vocht- en luchthuishouding in het profiel van geringe betekenis is geweest.



Figuur 9. Vochtcharacteristieken. Heino.
 Figure 9. Moisture characteristics, Heino.

8.3. Regenval en zuurstofdiffusie

Een indruk over de invloed van de neerslag op het ontstaan van de gevonden verschillen in O_2 -diffusiesnelheid wordt verkregen uit tabel V, waarin de berekende correlatiecoëfficiënten zijn vermeld. Deze zijn voor elke laag afzonderlijk, voor verschillende neerslag-metperiodes berekend.

Wat *Heino* betreft, blijken, met uitzondering van de neerslagperiode sept./okt., de meetperiode sept./nov. en de laag 0-10 cm, voornamelijk negatieve correlaties van de neerslag met de O_2 -diffusiesnelheid voor te komen. Voor de meetperiode mrt./apr. zijn deze correlaties voor de lagen tussen 30-60 cm in een aantal gevallen betrouwbaar op het 5%-niveau (figuur 10).

Ook in *Hornhuizen* werden, met uitzondering van de neerslagperiode sept./okt., de meetperiode mei/juni en de laag 0-10 cm, overwegend negatieve correlaties van de neerslag met de O_2 -diffusiesnelheid gevonden, die slechts in enkele gevallen betrouwbaar zijn. Opmerkelijk zijn hier wel de betrouwbare correlaties van de bovenlagen voor de neerslagperiode jan./febr. met aansluitende meetperiode mrt./apr. (figuur 11). Dit zou nl. kunnen betekenen dat de recente neerslag grotere invloed op de O_2 -diffusie heeft dan die van verder terug liggende perioden. Ook de resultaten van het proefveld in *Heino*, met alle betrouwbare correlaties in de meetperiode mrt./apr. wijzen in die richting.

Om hierover een indruk te verkrijgen is ook de invloed van de neerslag gedurende 14 dagen voorafgaand aan de meting op de daarbij gemeten diffusiewaarden door middel van correlatieberekeningen nagegaan. De resultaten van deze berekening zijn in tabel VI vermeld.

In *Heino* blijkt voor alle lagen een positieve correlatie tussen neerslag en O_2 -diffusiesnelheid te bestaan. Dat is tegen de verwachting en in tegenstelling met de gevonden correlaties met de winterneerslag. Het niet goed functioneren van de meetapparatuur bij het meten in droge gronden speelt hierbij vermoedelijk een rol.

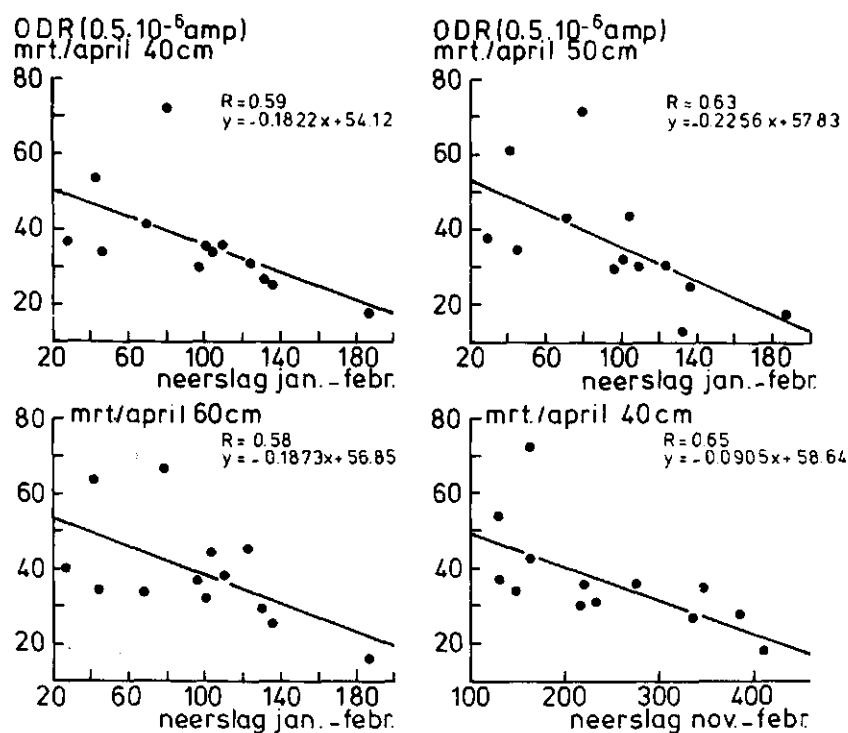
In *Hornhuizen* echter werd volgens verwachting voor alle lagen een negatieve correlatie van de neerslag met diffusewaarden gevonden (figuur 12).

Bij de invloed van de regenval gedurende 14 dagen voor de O_2 -diffusiemeting spelen ongetwijfeld vocht- en luchtgehalte van de grond een belangrijke rol.

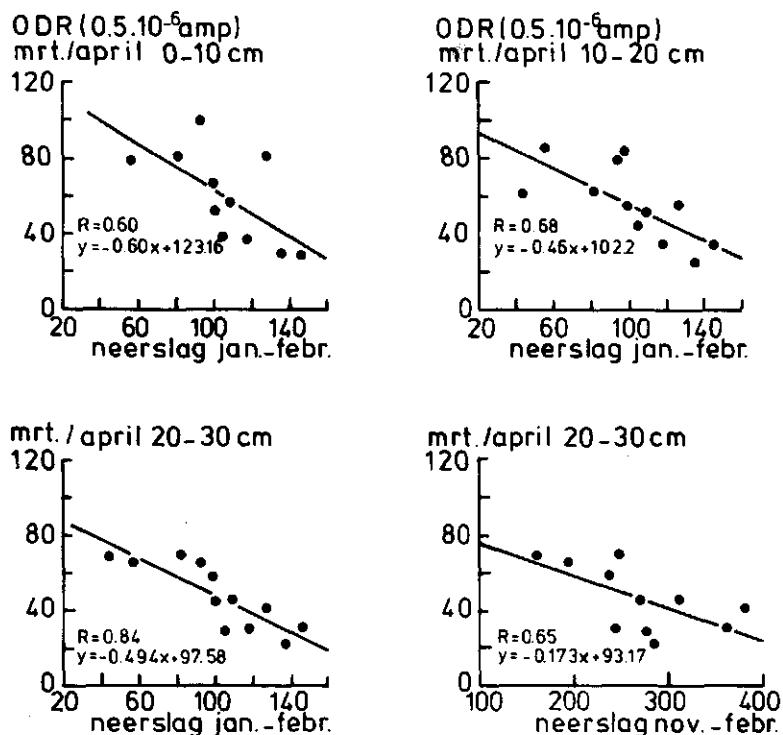
TABEL V. Correlatiecoëfficiënten neerslag- O_2 diffusiesnelheid.

TABLE V. Coefficients of correlation for precipitation and oxygen diffusion rates.

Neerslag- periode	Meet- periode	Correlatiecoëfficiënten voor de diepte (cm)																	
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10	20	30	40	50	60	70	
		<i>Heino</i>										<i>Hornhuizen</i>							
sept./okt.	mrt./febr.	0,52	0,17	0,38	0,16	0,11	0,03	-0,14	-0,05	-0,21	-0,25	0,43	0,22	0,32	0,42	0,16	0,15	0,26	
nov./dec.		-0,58	-0,44	-0,54	-0,61	-0,61	-0,55	-0,50	-0,44	-0,39	-0,21	-0,18	-0,34	-0,40	-0,04	-0,09	-0,07	-0,09	
jan./febr.		-0,38	-0,46	-0,39	-0,59	-0,63	-0,58	-0,50	-0,40	-0,53	-0,25	-0,64	-0,68	-0,84	-0,44	-0,54	-0,44	-0,46	
sept./febr.		-0,09	-0,31	-0,23	-0,45	-0,50	-0,51	-0,52	-0,39	-0,50	-0,34	0,03	-0,29	-0,31	0,12	-0,13	-0,09	-0,03	
nov./febr.		-0,50	-0,48	-0,51	-0,65	-0,67	-0,61	-0,54	-0,46	-0,48	-0,24	-0,40	-0,54	-0,65	-0,23	-0,31	-0,25	-0,27	
		<i>Heino</i>										<i>Hornhuizen</i>							
sept./okt.	mei/juni	-0,03	-0,23	0,00	0,18	0,16	0,08	0,00	-0,07	-0,53	-0,24	-0,57	0,43	0,22	0,36	-0,25	0,35	0,37	
nov./dec.		0,13	-0,33	-0,39	-0,38	-0,35	-0,38	-0,34	-0,24	0,02	-0,33	-0,12	-0,20	-0,05	0,08	0,34	0,35	0,15	
jan./febr.		0,26	0,03	-0,11	-0,17	-0,19	-0,15	-0,11	-0,23	-0,22	-0,37	-0,16	-0,23	-0,26	0,01	0,09	0,14	0,05	
sept./febr.		0,14	-0,27	-0,24	-0,17	-0,17	-0,21	-0,21	-0,24	-0,34	-0,43	0,25	0,08	0,01	0,29	0,06	0,48	0,35	
nov./febr.		0,20	-0,19	-0,29	-0,31	-0,31	-0,31	-0,25	-0,26	-0,08	-0,37	-0,15	-0,24	-0,16	0,05	0,26	0,28	0,12	
		<i>Heino</i>										<i>Hornhuizen</i>							
sept./okt.	juli/aug.	0,40	0,04	0,05	0,20	0,12	-0,01	-0,24	-0,34	-0,08	-0,20	0,16	0,22	-0,07	0,02	0,13	0,17	0,36	
nov./dec.		-0,04	-0,17	-0,20	-0,38	-0,31	-0,43	-0,41	-0,29	-0,35	-0,03	0,20	-0,05	0,15	0,09	-0,13	-0,19	0,00	
jan./febr.		0,04	0,00	-0,05	-0,33	-0,26	-0,46	-0,39	-0,43	-0,46	-0,15	-0,18	-0,34	-0,29	-0,33	-0,37	-0,41	-0,35	
sept./febr.		0,19	-0,07	-0,10	-0,22	-0,20	-0,40	-0,48	-0,48	-0,40	-0,17	0,13	-0,03	-0,09	-0,08	-0,15	-0,16	0,08	
nov./febr.		-0,01	-0,10	-0,15	-0,38	-0,31	-0,48	-0,43	-0,38	-0,43	-0,08	0,03	-0,20	-0,05	-0,11	-0,27	-0,32	-0,17	
		<i>Heino</i>										<i>Hornhuizen</i>							
sept./okt.	sept./nov.	-0,03	-0,18	0,10	0,21	0,14	0,16	0,11	0,12	0,19	0,26	0,06	0,02	0,14	0,13	-0,21	0,29	-0,01	
nov./dec.		0,39	0,13	0,03	0,06	0,05	-0,01	0,02	0,11	0,16	0,18	-0,07	-0,15	-0,19	-0,23	-0,05	-0,39	-0,16	
jan./febr.		0,13	0,06	-0,04	-0,04	-0,01	0,04	0,08	0,13	0,29	0,29	0,53	0,04	-0,02	-0,10	-0,25	-0,40	-0,24	
sept./febr.		0,23	0,00	0,04	0,11	0,10	0,09	0,09	0,17	0,30	0,34	0,20	-0,05	-0,02	-0,09	-0,27	-0,19	-0,19	
nov./febr.		0,30	0,11	0,00	0,02	0,03	0,02	0,05	0,13	0,23	0,24	0,17	-0,08	-0,13	-0,20	-0,15	-0,43	-0,21	



Figuur 10. Zuurstofdiffusie, Heino.
Figure 10. Oxygen diffusion, Heino.



Figuur 11. Zuurstofdiffusie, Hornhuizen.
Figure 11. Oxygen diffusion, Hornhuizen.

Om daaromtrent zekerheid te krijgen werden correlaties van beide met de O_2 -diffusie berekend. De resultaten hiervan zijn in tabel VII vermeld.

Ten aanzien van deze tabel moet worden vermeld dat vocht en lucht niet in dezelfde monsters zijn bepaald en dat het aantal waarden voor vochtgehalte beduidend groter is dan voor luchtgehalte. Verder is op beide proefvelden het aantal waarden voor luchtgehalte beneden 50 cm beduidend minder dan daarboven.

Zoals in het voorgaande verondersteld, blijkt voor het proefveld in Heino een positieve, in de meeste gevallen zeer betrouwbare, correlatie van het vochtgehalte (figuur 13), en een minder betrouwbare negatieve correlatie van het luchtgehalte met de O_2 -diffusie.

Voor het proefveld te Hornhuizen blijkt het vochtgehalte een negatieve, voor de meeste lagen zeer betrouwbare, correlatie met de O_2 -diffusiesnelheid te hebben (figuur 13), terwijl het luchtgehalte positief, eveneens

TABEL VI. Correlatie- en regressiecoëfficiënten neerslag in 14 dagen voorafgaand aan meting O_2 -diffusiesnelheid bij betreffende meting.

TABLE VI. Coefficients of correlation and regression for precipitation during two weeks before measurement of the oxygen diffusion rate and the results of measurement of the oxygen diffusion rate.

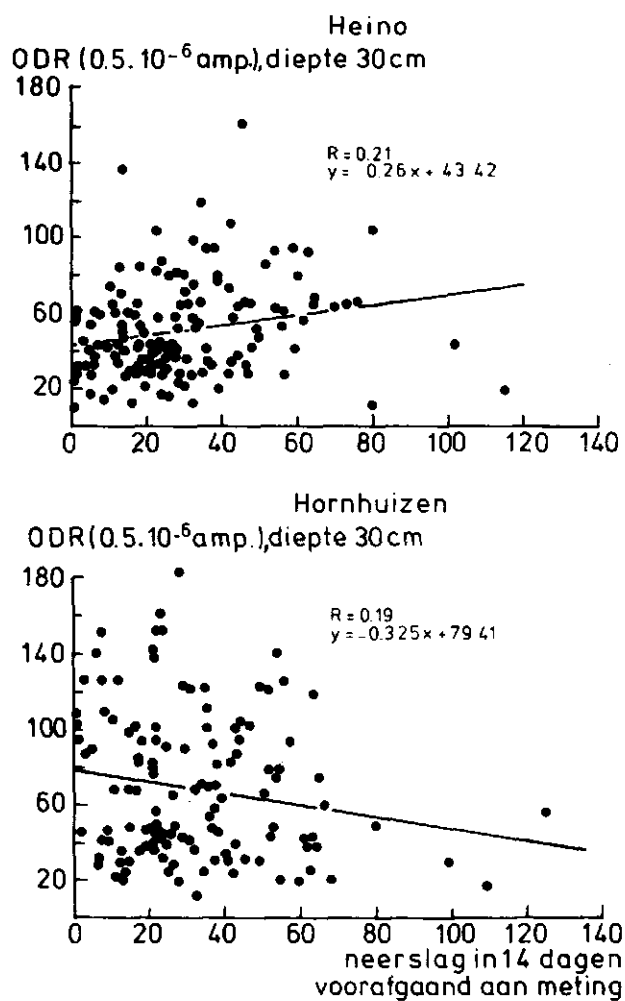
Diepte (cm)	Heino		Hornhuizen	
	Correl. coëff.	Regr. coëff.	Correl. coëff.	Regr. coëff.
10	0,095		-0,074	
20	0,147		-0,073	
30	<u>0,210</u>	0,260	<u>-0,191</u>	-0,325
40	<u>0,222</u>	0,241	<u>-0,203</u>	-0,258
50	<u>0,219</u>	0,213	-0,157	
60	<u>0,102</u>		-0,131	
70	0,148		-0,093	
80	<u>0,185</u>	0,166	-0,217	
90	0,099		-0,223	
100	0,165		-0,124	

_____ = >5% kr.grens
 _____ = >1% kr.grens

voor de meeste lagen zeer betrouwbaar, gecorreleerd is met de diffusiewaarden. Aannemende dat het vochtgehalte van de grond, vooral van de bovenlagen, voor een belangrijk deel wordt beïnvloed door de recente neerslag, blijkt uit deze resultaten dat de neerslag tijdens het groeiseizoen een grotere invloed heeft op de O_2 -diffusiesnelheid dan de neerslag in herfst en winter voorafgaand aan dit seizoen.

De resultaten verkregen op het proefveld te Hornhuizen zijn geheel volgens verwachting. Meer regen in de zomer betekent een hoger vochtgehalte, een lager luchtgehalte en minder zuurstofdiffusie.

De resultaten hieromtrent van het proefveld te Heino zijn niet volgens genoemd verwachtingspatroon en daarom weinig geloofwaardig. Dit afwijkende gedrag van de zandgrond moet worden toegeschreven aan het niet goed functioneren van de O_2 -diffusie meetapparatuur op drogere gronden.



Figuur 12. Samenhang tussen neerslag en zuurstofdiffusiesnelheid.
Figure 12. Relation between precipitation and oxygen diffusion rate.

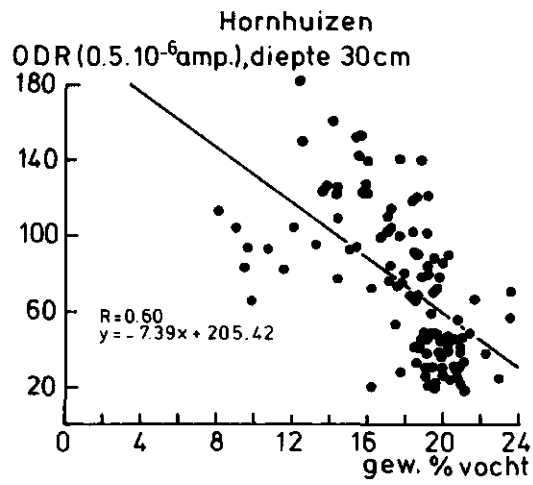
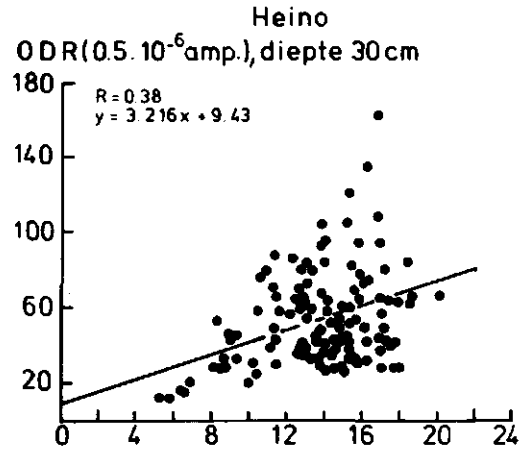
TABEL VII. Correlatie- en regressiecoëfficiënten vocht- en luchtgehalten $-O_2$ -diffusiesnelheid voor verschillende diepten.

TABLE VII. Coefficients of correlation and regression for air and moisture contents and the oxygen diffusion rate at different depths.

Diepte cm	Heino				Hornhuizen			
	Vocht		Lucht		Vocht		Lucht	
	Corr. coëff.	Regr. coëff.	Corr. coëff.	Regr. coëff.	Corr. coëff.	Regr. coëff.	Corr. coëff.	Regr. coëff.
10	0,15	1,09	-0,15	-0,83	<u>-0,35</u>	-2,94	0,20	0,82
20	<u>0,20</u>	1,56	-0,18	-0,63	<u>-0,32</u>	-4,65	<u>0,49</u>	3,24
30	<u>0,38</u>	3,22	-0,01	-0,04	<u>-0,60</u>	-7,39	<u>0,64</u>	4,47
40	<u>0,49</u>	3,62	-0,19	-0,66	<u>-0,72</u>	-6,44	<u>0,50</u>	2,20
50	<u>0,54</u>	3,70	-0,28	-1,08	<u>-0,69</u>	-6,17	<u>0,72</u>	3,91
60	<u>0,59</u>	3,60	-0,68	-3,75	<u>-0,37</u>	-2,54	0,50	3,34
70	<u>0,70</u>	3,71	-0,53	-2,90	<u>-0,19</u>	-1,24	0,55	1,28
80	<u>0,73</u>	3,84	-0,66	-3,87				
90	<u>0,57</u>	3,14	-0,30	-2,15				
100	<u>0,30</u>	0,85	-0,36	-2,54				

————— > 5% kr.grens

===== > 1% " "



Figuur 13. Samenhang tussen vochtgehalte en zuurstofdiffusiesnelheid.
Figure 13. Relation between moisture content and oxygen diffusion rate.

9. BESPREKING VAN DE RESULTATEN

In de jaren 1961 t/m 1973 werd op een zandgrond te Heino en een zavelgrond te Hornhuizen een onderzoek ingesteld naar de invloed van de neerslag op bodemfysische eigenschappen als actuele structuur van de bouwvoor, en de vocht karakteristiek en de aëratiemogelijkheid in het profiel.

Uit dit onderzoek is gebleken dat in Heino een geringe - en in Hornhuizen een tamelijk duidelijke ongunstige invloed is geweest van de najaars- en winterneerslag op de actuele structuur van de bouwvoor. In hoeverre deze ongunstige invloed van betekenis is geweest voor de groei van de gewassen hangt af van het structuurniveau.

Op het proefveld in Heino was dit niveau van dien aard dat de nadelige invloed van de neerslag op de actuele structuur van geen betekenis is geweest voor de groei en ontwikkeling van het gewas.

In Hornhuizen, waar het structuurniveau beduidend lager lag dan in Heino, kwam als gevolg van de ongunstige invloed van de neerslag, de actuele structuur beneden een niveau dat als minimum eis voor een goede groei van de gewassen wordt gesteld. Deze ongunstige invloed van de neerslag kan op deze gemakkelijk bewerkbare grond echter voor een belangrijk deel door de voorjaarsgrondbewerking weer worden opgeheven.

De neerslag tijdens het groeiseizoen bleek in Heino een geringe positieve invloed op de actuele structuur te hebben uitgeoefend. Door het toch al hoge structuurniveau zal deze invloed echter voor de gewasgroei van weinig of geen betekenis zijn geweest.

In Hornhuizen echter kan als gevolg van de neerslag tijdens het groeiseizoen de actuele structuur na de voorjaarsgrondbewerking weer teruglopen tot een niveau waarbij een nadelige invloed op de gewasgroei mogelijk is.

Uit de vocht karakteristieken van het profiel is gebleken dat op het proefveld in Heino het luchtgehalte in de verschillende lagen t.a.v. de beworteling en gewasgroei ruim voldoende is. Ook de hoeveelheid beschikbaar vocht kan in dit verband als voldoende worden beschouwd. Wat de invloed van de neerslag op de vocht- en luchthuishouding van het profiel betreft, zijn de resultaten twijfelachtig. Dat bij toenemende

neerslaghoeveelheden in de winterperiode nov./febr. het poriënvolume afneemt is te verwachten; afname van het vochtgehalte bij pF 2,0 en de hoeveelheid beschikbaar vocht is echter tegen de verwachting in en moeilijk te verklaren.

Op het proefveld in Hornhuizen blijkt uit de vocht karakteristieken dat het luchtgehalte, vooral in de lagen beneden de bouwvoor, aan de lage kant is. Een nadelige invloed hiervan op beworteling en groei van de gewassen is, vooral in natte zomers, niet uitgesloten. De hoeveelheid beschikbaar vocht kan op dit proefveld als ruim voldoende worden beschouwd. Er bleek geen duidelijke invloed van de neerslag op de verschillende aspecten van de vocht karakteristieken. Voor de waarnemingen in het voorjaar werd geen enkele betrouwbare correlatie van de neerslag gevonden, terwijl voor de waarnemingen in de zomer een aantal betrouwbare negatieve correlaties van de neerslag met poriënvolume, luchtgehalte en enkele vochtwaarden voorkomen. De resultaten van de voorjaarswaarnemingen in aanmerking genomen, dient men zich echter wel af te vragen of de gevonden correlaties inderdaad als een invloed van de neerslag kunnen worden beschouwd. Mogelijk moet hier een verklaring gezocht worden in een verschillend effect van de voorjaarsgrondbewerking in combinatie met verschillende vochttoestanden. Ook voor de gemiddelde waarden van poriënvolume, vocht- en luchtgehalte en de hoeveelheid beschikbaar vocht in de laag 0-50 cm bleek geen enkele betrouwbare correlatie met de neerslag in de voorafgaande najaars- en wintermaanden. Samenvattend moet geconcludeerd worden dat op dit proefveld de invloed van de najaars- en winterneerslag op de vocht- en luchthuishouding in het profiel van geringe betekenis is geweest.

De zuurstofdiffusiesnelheid bleek op beide proefvelden overwegend negatief gecorreleerd met de najaars- en winterneerslag. Alleen voor de bouwvoorlagen in Heino en de meetperiode mei/juni in Hornhuizen werden voornamelijk positieve correlaties gevonden. De meeste correlatiecoëfficiënten waren echter tamelijk laag en in slechts enkele gevallen betrouwbaar op het 5%-niveau. In het algemeen dus geen duidelijke invloed van de najaars- en winterneerslag. Wel bleek op beide proefvelden een tamelijk duidelijke invloed van de recente neerslag. De in 14 dagen voorafgaand aan de meting gevallen neerslag bleek in Heino voor alle lagen positief- en in Hornhuizen, eveneens voor alle lagen, negatief gecorreleerd met de O_2 -diffusiesnelheid. Evenals de recente neerslag bleek ook het vochtgehalte bij O_2 -meting in

Heino positief- en in Hornhuizen negatief gecorreleerd met de O_2 -diffusiesnelheid; voor het luchtgehalte waren deze correlaties juist tegengesteld. Deze resultaten zijn voor het proefveld te Heino niet in overeenstemming met de verwachting. Het is nl. weinig geloofwaardig dat bij meer neerslag, hoger vochtgehalte en lager luchtgehalte hogere diffusiewaarden worden gemeten. Mogelijk speelt het niet goed functioneren van de O_2 -diffusiemeetapparatuur op drogere gronden hierbij een rol. Voor het proefveld in Hornhuizen zijn de resultaten geheel volgens verwachting. Meer neerslag, hoger vochtgehalte en lager luchtgehalte gaan samen met een lagere O_2 -diffusiesnelheid.

Uit het voorgaande blijkt duidelijk dat de neerslag tijdens het groeiseizoen een belangrijk grotere invloed op de O_2 -diffusiesnelheid heeft dan de neerslag in herfst en winter voorafgaand aan dit seizoen.

10. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Uit het in de jaren 1961 t/m 1973 uitgevoerde onderzoek naar de invloed van de neerslag op de actuele structuur van de bouwvoor, de vocht- en luchthuishouding in het profiel en de zuurstofdiffusiesnelheid op een zandgrond te Heino en een zavelgrond te Hornhuizen is het volgende gebleken.

Op het proefveld te Heino was de invloed van de najaars- en winterneerslag op de actuele structuur van de bouwvoor zeer gering en gezien het structuurniveau van weinig of geen betekenis. In Hornhuizen kon een tamelijk duidelijke negatieve invloed van de neerslag op de actuele structuur worden aangetoond.

De neerslag in najaar en winter heeft in Heino een duidelijk negatieve invloed gehad op het gemiddelde poriënvolume, het gemiddelde vochtgehalte bij pF 2,0 en de hoeveelheid beschikbaar vocht in de laag 0-50 cm. In tegenstelling hiermee bleek in Hornhuizen geen betrouwbare invloed van de neerslag op de genoemde factoren.

De resultaten van de zuurstofdiffusiemetingen op het proefveld te Heino zijn als gevolg van het niet goed functioneren van de meetapparatuur op drogere gronden weinig betrouwbaar. In Hornhuizen heeft de neerslag een ongunstige invloed gehad op de O_2 -diffusiesnelheid. De invloed van de recente neerslag was hier echter duidelijk sterker dan de najaars- en winterneerslag. Het vochtgehalte van de grond had een duidelijk negatieve, en het luchtgehalte een duidelijk positieve invloed op de O_2 -diffusiesnelheid.

11. SUMMARY

The effect of precipitation on the actual structure of the plough layer, the moisture and air content of the profile, and the oxygen diffusion rate were studied from 1961 to 1973 on a sandy soil (Heino) and a sandy loam soil (Hornhuizen).

On the sandy soil the effect of autumn and winter precipitation on the actual structure of the plough layer was very limited, and in view of its good condition, of little or no practical significance. A fairly clear negative effect of precipitation on the actual structure was observed on the loam soil.

Autumn and winter precipitation had a marked negative effect on average pore space, average moisture content at pF 2.0 and quantity of available moisture in the 0-50 cm layer of the sandy soil. On the loam soil, however, no significant effect of precipitation on these factors could be established.

Because there are doubts about the proper functioning of the equipment in dry soils, the results of the measurements of the oxygen diffusion rates in the sandy soil are not very reliable. On the clay soil, precipitation had a negative effect on the oxygen diffusion rate. The effect of recent rainfall was much more pronounced than that of autumn and winter rainfall. Moisture content of the soil had a marked negative effect on the oxygen diffusion rate; the effect of air content was clearly positive.

12. LITERATUUR

- Kuipers, H., 1955. Een streekonderzoek gericht op de factoren bodemstructuur en stikstofbemesting. Versl. Landbouwkd. Onderz. 61.9, 79 pp.
- Mesker, G., 1966, 1969, 1971. Jaarlijkse verslagen van de zuurstofdiffusiemetingen ten behoeve van project 139.
- Paauw, F. van der, 1948. Periodiciteit in opbrengsten, vruchtbaarheid van de grond en klimaat. Landbouwkd. Tijdschr. 60: 83-92.
- Paauw, F. van der, 1961a. Ritmische opbrengstschommelingen en hun oorzaak. Landbouwkd. Tijdschr. 73: 22-30.
- Paauw, F. van der, 1961b. Ritmische variaties van bemestingseffecten in de loop van de jaren onder invloed van het weersverloop. Landbouwkd. Tijdschr. 73: 622-631.
- Peerlkamp, P.K., 1958. A visual method of soil structure evaluation. Mededelingen van de Landbouwhogeschool en de Opzoekingsstations van de staat te Gent 1959. Deel XXIV. No 1. International symposium on soil structure, Ghent, May 28-31, 1958.
- Wiersum, L.K. 1960. Some experiences in soil aeration measurements and relationship to depth of rooting. Neth. J. Agric. Sci.: 245-252.