

631.67 : 631.43

2. BEREKENING EN BODEMSTRUCTUUR

P. Boekel (I.B.)

Bij toepassing van berekening wordt, evenals bij regenval, water aan de grond toegediend, maar de wijze waarop dat plaats vindt wijkt nogal af van die van natuurlijke regenval en loopt in de praktijk ook nogal uiteen. De intensiteit is bij berekening in de meeste gevallen veel groter. Volgens Freckmann (1949) hebben de meeste regenbuien een intensiteit van $\frac{1}{2}$ -2 mm per uur, terwijl met installaties voor akkerbouwoeleinden vaak 5-25 mm per uur wordt gegeven. Verder kan ook de druppelgrootte van vooral de moderne apparatuur sterk afwijken. Terwijl de grootte bij de meeste regenbuien in de orde van 0,5-1,0 mm ligt, varieert deze berekening van 0,75-4,0 afhankelijk van druk en afstand tot de sproeier (Bean en Wells 1953). Ook de kwaliteit van het water is vaak anders.

Het is zeer de vraag of deze onnatuurlijke vorm van watertoevoer wel zo gunstig is voor de bodemfysische eigenschappen van de grond. Daarbij kan gedacht worden aan verslemping en verspoeling van de grond, aan meer structuurschade door berijden van nattere grond tijdens verzorging en oogst, aan geringere herstelmogelijkheden of aan sterkere vertrapping van graslanden.

In het volgende zal worden geprobeerd aan te geven wat de gevolgen van al of niet regelmatige berekening voor bepaalde bodemfysische eigenschappen van de grond op korte of lange termijn zijn of kunnen zijn. Dat zal moeten gebeuren aan de hand van algemene bodemkundige kennis en van gegevens uit vooral de buitenlandse literatuur, die echter in hoofdzaak over de invloed van regendruppels op het grondoppervlak handelen (verslemping). Resultaten van onderzoek naar de invloed van berekening op andere bodemfysische eigenschappen ontbreken nog vrijwel en ervaring vanuit de praktijk is nauwelijks voorhanden.

2.1. Ervaringen in de praktijk

Vanuit de praktijk komen nog steeds vrijwel geen klachten over moeilijkheden met de grond tijdens of na berekening (Elema 1977), mogelijk omdat de betere groeiomstandigheden in de zeer droge jaren 1975-1976 overheersten waarbij een eventueel nadelig effect op de grond in het niet viel. Bovendien is op de berekeningstijdstippen de bovengrond vrij droog en in het algemeen voorzien van een gewasdek dat de grond tegen structuurverval behoedt. Ook werden bij een enquête door het Consulentschap voor Land-

bouwwerktuigen en Arbeid geen moeilijkheden met de grond gerapporteerd, ondanks dat bij diverse gebruikers van haspel-installaties soms ernstige plasvorming optrad. Vaak werd ook met een te groot mondstuk (> 20 mm) en met te geringe druk gewerkt, waardoor te grote waterdruppels werden verkregen (Elema 1977). Door het Tuinbouw consultantschap in Noord-Holland werden in 1977 op een perceel humeuze tuingrond, gedeeltelijk beregend, profielopnamen tot 60 cm diepte gemaakt. Op het gedeelte waar 6 x beregend was, werd zelfs op vrij grote diepte (50 cm) een duidelijk slechtere structuur aangetroffen. Het verkregen resultaat geeft te denken, echter is het tot dusver niet bevestigd door waarnemingen elders.

Bekend is het verschijnsel dat op kaal land bv. bij een vlakliggend fijn zaaibed het oppervlak bij beregening wat verslemt en dichtspoelt. De vraag is of dat zo erg behoeft te zijn. In een dergelijke situatie behoeft weinig intensief te worden beregend; eventuele schade kan worden beperkt door op structuurgevoelige gronden vóór de zaaibedbereiding te beregenen.

Gebleken is dat ook onder een min of meer gesloten gewas de structuur wat kan teruglopen, zeker bij aanwezigheid van een tamelijk losse structuur. Een door ons verricht onderzoek naar de structuur op een beregeningsproefveld met aardappelen op kalkarme, lichte zavelgrond in Friesland leverde het volgende resultaat op.

Behandeling	Verslemping*	Vol.% lucht (pF_2)	Vol.% water (pF_2)
niet beregend	8	22,1	29,6
wel beregend	7	19,7	30,9

*) laag cijfer = sterk verslemt

Op de beregende velden nam bij $pF 2,0$ het luchtgehalte af en het vochtgehalte toe vergeleken met de onberegende velden: dit eerste echter niet zodanig dat een belemmering van de groei is opgetreden.

Bij advisering op het gebied van beregening worden met het oog op kans op verslemping normen voor de intensiteit van de beregening gegeven. Die normen zijn, op onbedekte of onvolledig bedekte grond:

Maximale regenintensiteit in mm/uur.

A. U.S.A.			B. Nederland	
	slompig, laag org. stof- gehalte	goede structuur hoog org. stof- gehalte		
clay loam	6	8	slompige gronden	5
silt loam	7	10	zavel- en kleigrond	8-12
fine sandy loam	8	13	zandgrond	12-20
fine sand	9	19		
coarse sand	19	25		

Zij stoelen op onderzoek naar de infiltratie capaciteit in de USA (A) en op een beetje ervaring in ons land (B). Ze zijn niet zo veelzeggend omdat een eventueel effect ook sterk afhangt van de wijze van berekening, de bedekking door het gewas en de ligging van de grond. Indien deze normen echter juist zijn, zouden ze een aanmerkelijke beperking van de gebruiksmogelijkheden van de haspelinstallatie betekenen.

Over mogelijke andere invloeden, waaronder die voor langere termijn, is tot nu toe in Nederland weinig bekend.

2.2. T e v e r w a c h t e n e f f e c t e n v a n b e r e g e n i n g

De invloed van berekening op bepaalde bodemfysische eigenschappen kan verschillend van aard zijn. Er kan onderscheid worden gemaakt in:

- a. d i r e c t e i n v l o e d van regendruppels op bodemaggregaten waarbij, afhankelijk van de stabiliteit van de aggregaten aan het bodemoppervlak een verslemping en verdichting kan optreden.
- b. i n d i r e c t e i n v l o e d, maar van korte duur, waarbij kan worden gedacht aan ongunstige effecten van verzorgings- en oogstmaatregelen die bij een hoger vochtgehalte van de grond ernstiger kunnen zijn, dan onder droge omstandigheden.
- c. i n d i r e c t e i n v l o e d, doorwerkend op langere termijn, waarbij door het hogere vochtgehalte, dat bij regelde berekening blijvend is, veranderingen in reologische (stromings-) eigenschappen ontstaan, die zich in de praktijk in gunstige of ongunstige zin manifesteren.

a. Een d i r e c t e i n v l o e d van beregening kan vooral optreden op onbedekte of onvolledig bedekte grond, waarbij de aan het oppervlak liggende bodemaggregaten worden blootgesteld aan de kracht van de regendruppels. De druppels hebben een bepaalde snelheid, die afhankelijk is van grootte en valhoogte. Dat betekent een bepaalde hoeveelheid energie die op de grond wordt overgebracht en een uitéénvallen van aggregaten of een verplaatsing van bodemdeeltjes tot gevolg heeft. Die hoeveelheid energie neemt met toenemende druppelgrootte sterk toe (Bean and Wells 1953).

Druppelgrootte diam. in 10^{-3} m	Snelheid in m/sec	Kinetische energie per druppel in 10^{-7} J.	Kinetische energie in $J/m^2/10^{-2}$ m regen
0,5	1,8	0,0013	16
1,0	3,8	0,039	73
1,5	5,3	0,253	140
2,0	6,5	0,885	208
2,5	7,3	2,215	265
3,0	7,9	4,50	310
3,5	8,4	7,99	347
4,0	8,7	12,90	375
4,5	8,9	19,40	396
5,0	9,1	27,50	410

Van belang is voorts dat een harde tik een aggregaat wel kan stuk maken, terwijl een groot aantal kleine tikjes geen enkel effect sorteert. Het is dus zaak om bij beregening de druppels klein te houden. Wat in dit opzicht toelaatbaar is, is moeilijk te zeggen. Bij de meeste regenbuien is de druppelgrootte ≤ 2 mm. In die orde van grootte zal de grenswaarde wel liggen. Maar dat hangt uiteraard ook van de structuurstabiliteit van de grond af.

Bij geringe stabiliteit vallen de aggregaten gemakkelijk uiteen, waarbij ook de vermindering van de cohesie tussen de bodemdeeltjes, het zwellen van de klei- en de humussubstantie en het samendrukken en ontwijken van ingesloten lucht een rol spelen (Frese, Czeratzki en Schladerbusch 1956).

Het oppervlak van kleihoudende gronden verslempst en vervlakt en vormt onder natte omstandigheden een dicht afsluitend laagje en onder droge omstandigheden een harde korst. Dit verschijnsel zal nog sterker optreden bij aanwezigheid van Na- en Mg-ionen in het sproeiwater. Het oppervlak van zandgronden vervlakt eveneens en zal door het verdwijnen van de aggregaten minder tegen de invloed van de wind worden beschermd. De stuifgevoeligheid zou daardoor kunnen toenemen. Bij lichte zand en dalgronden vormt zich na opdroging van de verslempde grond een stoffig bovenlaagje.

De nadelen zijn: een beperkte infiltratiecapaciteit en een geringer O_2 -transport door het verdichte laagje wanneer het nat is en een grote mechanische weerstand wanneer het droog is. Opkomst en groei van het gewas kunnen daardoor worden belemmerd. Het al of niet schadelijk zijn wordt bepaald door de mate van verslemping en die hangt weer samen met een groot aantal factoren, die deels bodemkundig van aard zijn (samenstelling van de grond, fijnheid en vlakheid van het zaaibed, vochtgehalte) en deels met de wijze van watertoevoer te maken hebben (intensiteit, druppelgrootte, valhoogte, zoutgehalte). De ervaring is dat lichte zavelgronden, leem- en lössgronden met lage pH ($< 6,5$) en laag gehalte aan organische stof ($< 2\%$ en zand- en dalgronden met een organische stofgehalte van < 4 à 5% gevoelig zijn voor verslemping, vooral wanneer regenval plaats vindt op een vers, nog vochtig zaaibed.

Op gronden die in goede conditie verkeren wat betreft drainage, kalktoestand en organische stofvoorziening en waar niet binnen enkele dagen na inzaai wordt beregend, zal het met de verslemping meestal wel meevallen (Pelgrum 1963). Dat is ook het geval met de nadelige gevolgen daarvan omdat de O_2 -behoefte van jonge planten nog gering is en enig O_2 -transport door spoedig aanwezige krimpscheurtjes vlot plaats vindt. Vorming van te harde korsten kan worden voorkomen door veelvuldig met kleine giften van 5-10 mm te werken, waardoor te sterke uitdroging van de toplaag wordt voorkomen.

Berekening kan ook op wat andere wijze de structuur direct ongunstig beïnvloeden en wel wanneer de grond een bepaalde tijd aan een overmaat aan water wordt blootgesteld. Dat zal het geval zijn wanneer intensief wordt beregend op een grond met een beperkte waterdoorlatendheid. De in de grond aanwezige hoeveelheid water overtreft dan de zgn. vloeigrens (vochtgehalte waarbij de grond begint te vloeien) en de grond zal daardoor geleidelijk ineenvloeien en zich over de gehele bouwvoor verdichten. Het al of niet optreden van dit verschijnsel zal eveneens van de aard van de grond af-

hangen (gehalten aan afslibbare delen, organische stof en kalk) (Boekel 1963). In figuur 1 is daarvan een voorbeeld gegeven.

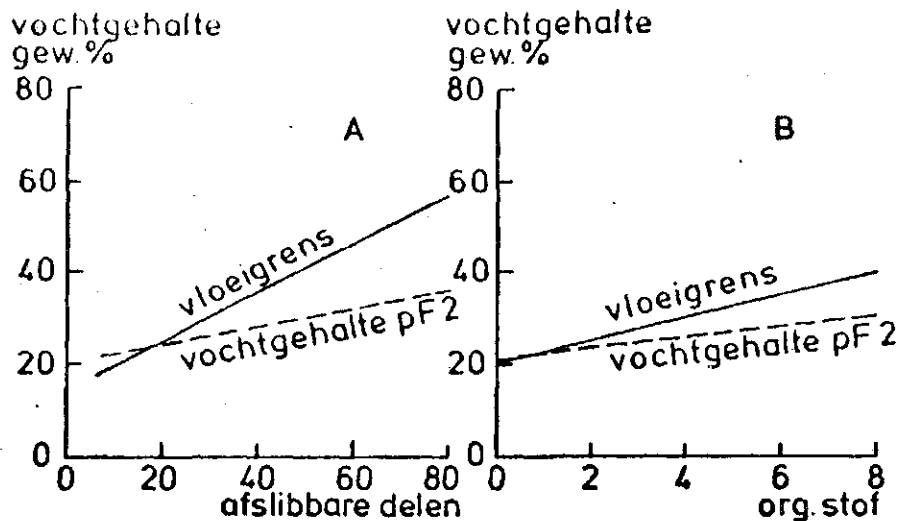


Fig. 1. Invloed van de gehalten aan afslibbare delen en organische stof op de gevoeligheid voor inéénvloeien van kleigronden

Alleen op zeer slempgevoelige gronden treden dergelijke moeilijkheden op. Bij een voorzichtig beregeningsbeleid kunnen die echter wel worden voorkomen (lage regenintensiteit). Alleen bij zware natuurlijke regenval, kort na beregening, kan de zaak alsnog uit de hand lopen. Ook het feit dat slechts in een enkel jaar onder invloed van natuurlijke regenval in herfst en winter sterke interne verslemping optreedt, duidt erop dat voor het optreden van dit verschijnsel vrij veel water nodig is en erg intensief zou moeten worden beregend. Een ander direct effect is een verlaging van het luchtgehalte, vooral op dichtere gronden. Hoewel zwaardere gronden weinig of niet gevoelig zijn voor verslemping, althans wat de zichtbare verdichtingen aan de oppervlakte betreft, blijken ze bij regelmatige beregening, veel gemakkelijker dicht te zwellen. Het dichtzwellen van de grond tot op grotere diepte kan eveneens leiden tot aëratieproblemen.

b. Tot de indirecte invloed van korte duurberegenen bijvoorbeeld verzorgings- en oogstmaatregelen kort na uitvoering van beregening. Dit kan de actuele structuur van de grond als gevolg van een hoger vochtgehalte en een grotere gevoeligheid voor vervorming en verdichting in ongunstige zin beïnvloeden (Boekel 1978).

Ook de verkruimelbaarheid van de grond, o.a. van belang bij het mechanisch rooien van aardappelen kan door het veranderen van het vochtgehalte een wijziging ondergaan. De wijziging behoeft echter niet altijd ongunstig te

zijn. Iedere grond heeft nl. een bepaald vochttraject waarbinnen hij bewerkbaar en verkruijmelbaar is. Bij een hoog vochtgehalte is de grond plastisch, kneedbaar en vervormbaar (figuur 2), bij een laag vochtgehalte kan hij afhankelijk van de grondsoort hard (klei) of stoffig (zand) worden.

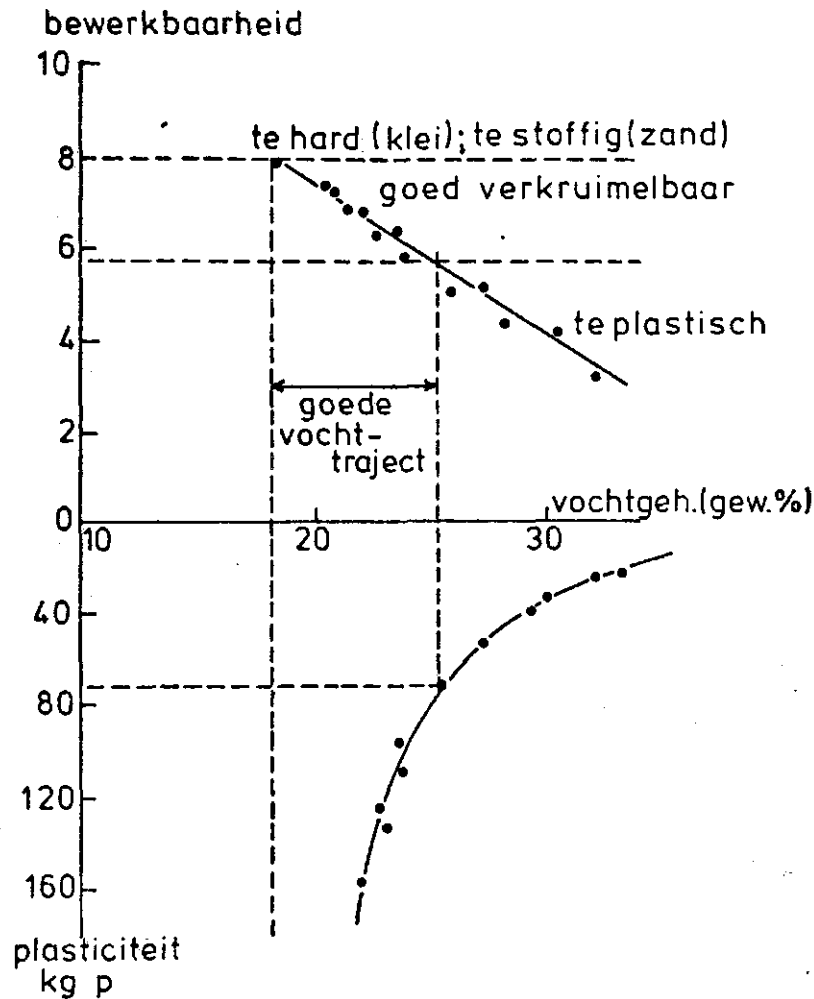


Fig. 2. Bewerkbaarheid van de grond in samenhang met het vochtgehalte.

Door beregening, vooral uiteraard in droge jaren toegepast, zal het vochtgehalte in het goede traject terecht kunnen komen. In een natte zomer zal er geen invloed van beregening te duchten zijn, terwijl in een droge zomer gevolgd door een natte nazomer het vochtgehalte bij het rooien toch in hoofdzaak door de regenval wordt bepaald en niet door de beregening. T.a.v. verkruijmelbaarheid zal dus meestal sprake zijn van een gunstig effect. Ook voor het verkrijgen van een goed resultaat bij grondontsmetting moet beregening in de voorafgaande periode eerder als gunstig dan als ongunstig worden beschouwd. In een erg droge grond kunnen grondontsmettingsmiddelen vrij snel weg diffunderen en daardoor onvoldoende werkzaam zijn. (Boekel en Zwiers 1977).

Dat gedurende de zomer aan de grond toegediend water in het zelfde jaar van weinig invloed is op de actuele structuur in dat zelfde jaar, wordt gedemonstreerd door figuur 3. Daarin is het resultaat van een jaarlijks verricht structuuronderzoek op een aantal praktijkpercelen in noord-Groningen weergegeven. Het blijkt dat het structuurniveau van jaar tot jaar sterk variëert, maar niet duidelijk samenhangt met de regenval in de zomermaanden.

percentage van de percelen met structuurbeoordeling < 6

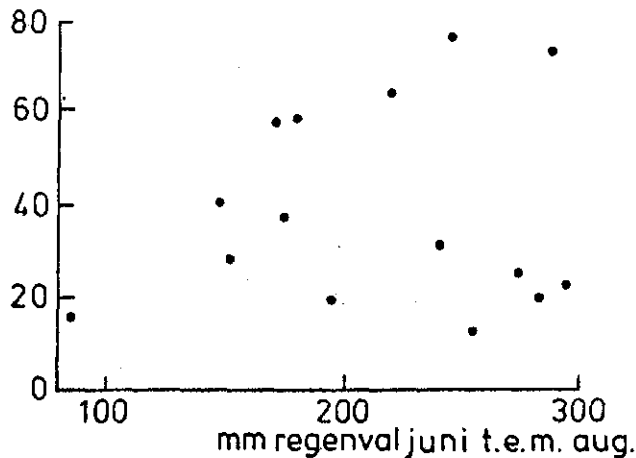


Fig. 3. Actuele structuur van de grond in verband met de regenval in de zomer.

c. Indirecte invloed op lange termijn op ongerijpte (pas ingepolderde) gronden. Onder invloed van indrogen en bevochtigen stelt zich in de grond een globale evenwichtstoestand wat betreft vochtgehalte en volumegewicht in. Uitgaande van pas ingepolderde grond is er aanvankelijk een snelle afname van vochtgehalte en poriënvolume en toename van volumegewicht. Dat proces gaat tientallen jaren door hoewel na 5 à 6 jaar veel minder uitgesproken (figuur 4).

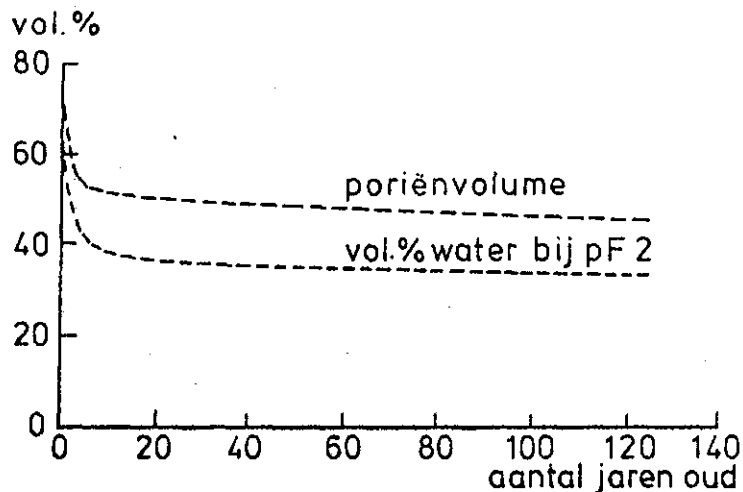


Fig. 4 Verloop van poriënvolume en vochtgehalte van kleigronden na inpoldering

In droge jaren zal het vochthoudend vermogen gemiddeld wat omlaag gaan, in natte jaren weer wat omhoog. Ook zal in droge perioden (meer verdamping dan regenval) van het jaar het vochthoudend vermogen omlaag gaan en in natte omhoog. Een voorbeeld daarvan is gegeven in figuur 5, waarin het verloop van het vochtgehalte bij pF 2,0 op een perceel van de proefboerderij de Lovinkhoeve te Marknesse is weergegeven. In de periode van 1960 tot 1977 daalt het vochtgehalte al schommelend van gemiddeld 28 tot ongeveer 25 gew. %.

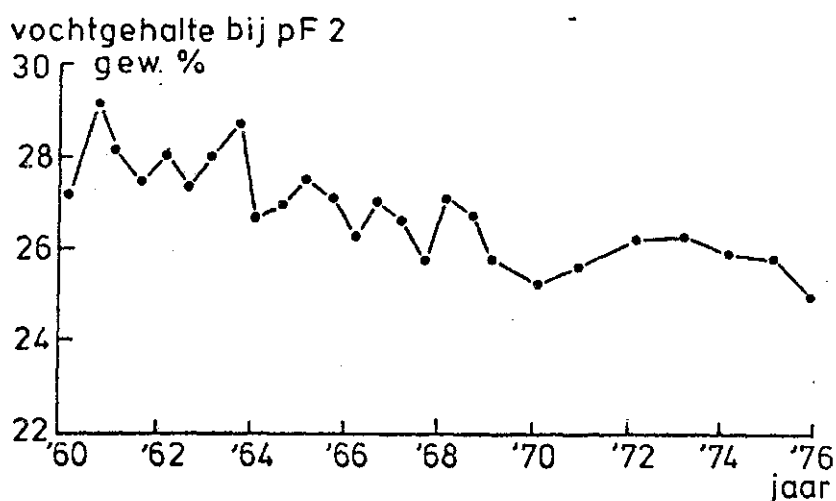


Fig.5. Verloop van het vochtgehalte van een kleigrond op een proefveld in de N.O. polder.

Ook de bewerkingsgrenswaarde is wat gedaald maar toch minder sterk dan het vochtgehalte bij pF 2. Dat betekent dat de grond op de duur minder plastisch en minder gemakkelijk vervormbaar wordt. Door regelmatige beregening in droge perioden zou dit proces op jonge gronden kunnen worden vertraagd terwijl het op oude gronden in de andere richting zou kunnen gaan. Dat zou betekenen dat in het voorjaar de grond iets plastischer en minder vroeg bewerkbaar zou zijn.

Toch worden dergelijke gronden in de jonge polders vroeg in het voorjaar bewerkt, vroeger dan men, gezien de plasticiteit, als wenselijk zou achten. De grond wordt dan wel door het berijden verdicht en vervormd, maar kan zich door indrogen en scheur- en barstvorming weer behoorlijk herstellen. Dat is kennelijk een voordeel voor minder gerijpte gronden; er zit nog wat meer "rek" in.

Ook op een vakkenproef met verschillen in grondsoort, structuur en vochttoestand (wel en niet toediening van water) kwam enige invloed van het extra water geven op het vochtgehalte bij pF 2 naar voren, vooral bij kleigrond.

	Zandgrond			Kleigrond		
	por.vol.	vol.% water bij pF 2,0		por.vol.	vol.% water bij pF 2,0	
		A	B		A	B
Niet beregend	46,8	14,5	14,9	56,9	33,0	40,1
Wel beregend	46,0	15,1	15,5	55,0	35,7	42,1

A = na droge periode

B = na natte periode

Ook is er groot verschil in vocht karakteristiek tussen monsters na een droge of een natte periode genomen.

Hoe lang de invloed van langer nathouden van de grond op het vochtgehalte bij pF 2,0 aanwezig blijft is niet bekend. Dat zal nog moeten worden nagegaan, evenals de betekenis van een hoger vochtgehalte voor structuur en bewerkbaarheid.

Op grasvelden is duidelijk gebleken dat bij ondiepe ontwatering de toplaag een groter vochthoudend vermogen heeft dan bij diepe ontwatering (Boekel 1972). De verwachting is dan ook dat bij het langer nat houden van de toplaag door beregening dat ook het geval zal zijn, resulterend in een geringere stevigheid en grotere gevoeligheid voor vertrapping.

De verwachting is dat beregening van ongunstige invloed is op de fysische eigenschappen van diepere lagen in het profiel. Door ondiepere beworteling en geringere vochtonttrekking zal de indroging minder zijn, wat zeker voor kleihoudende gronden een bezwaar kan zijn: minder scheurtjes, minder grotere poriën, geringere doorlatendheid voor water.

L i t e r a t u u r

- FRECKMANN, W. (1949); Die bodenkundlichen Voraussetzungen und Folgen der Künstlichen Beregnung. Z. Pflanzenernähr., Düng. und Bodenkunde 101-107.
- FRESE, H., CZERATZKI, W. und SCHLADERBUSCH, H. (1956); Krümelzerstörung unter dem Einfluss verschiedener Beregnungsweisen. Z. Pflanzenernähr., Düng. und Bodenkunde 210-223.
- BEAN, A.G.N. and WELLS, D.A. (1953); Soil capping by water drops. Report no. 23 National Institute of Agricultural Engineering, Silsoe.
- ELEMA, H.M. (1977); Ervaringen met haspelinstallaties bij beregning in 1976. Landbouwmecanisatie 28, 9-12.
- Consulentschap Hoorn (1977); Beregenen. Mededelingen Cons. Tuinb. Hoorn 21-5.
- LIEFTINK, D.A. (1977); Merkenonderzoek van haspelinstallaties voor beregning. Landbouwmecanisatie 28, 19-26.
- SUPERSPERG, H. (1966); Feldeberegnungsversuche 1955-1965 Institut für Wasserwirtschaft an der Hochschule für Bodenkultur in Wien.
- PELGRUM, A. (1963); Gevoeligheid voor verslemping van lichte klei- en zavelgronden. Landbouwvoorlichting 20, 11/12 637-645.
- BOEKEL, P. (1963); Invloed van de zwaarte op enkele fysische eigenschappen van de grond. Landbouwk. T. 75, 507-518.
- BOEKEL, P. (1963); Effect of organic matter on the structure of clay soils. Neth. J. Agric. Sci. 11, 250-263.
- BOEKEL, P. (1978); De bewerkbaarheid van de grond in het voorjaar in verband met de ontwatering en de samenstelling van de grond. Symposium Werkbaarheid en Bedrijf (1977). Rapport 1 IMAG.
- BOEKEL, P. en ZWIERS, J.S. (1977); Grondontsmetting in verband met de bodemstructuur. Bedrijfsontwikkeling 8, 1049-1052.
- BOEKEL, P. (1972); Onderzoek naar de stevigheid van de toplaag van de sportvelden in de gemeente Haren in de winter 1970/'71. IB. rapport 4-1972.