BIBLIOTHEEK
Landbouwproefstation
en Bodemkundig Instituut
SEPARAAT
No. 416/42

DIRECTIE VAN DE WIERINGERMEER (NOORDOOSTPOLDERWERKEN)
Rapporten en Mededelingen inzake de Droogmaking, Ontginning en Sociaal-Economische Opbouw der IJsselmeerpolders

Nr. 10 DE HUMUS- EN STIKSTOFGEHALTEN VAN DE INGEDIJKTE GRONDEN IN DE VOORMALIGE ZUIDERZEE

DOOR Ir. D. J. KISSINK

In deze reeks zijn reeds verschenen:

1. Zuur, A. J. Ontstaan en aard van de bodem van de Noordoostpolder. Zwolle, 1951.
2. Domingo, W. R. De physische rijping van de jongere Zuiderzeeafzettingen in de Noordoostpolder. Zwolle, 1951.
3. Sieben, W. H. De ontwatering van de zavelgronden in de Noordoostpolder. Zwolle, 1951.
4. Kalisvaart, C. De bestemming en de waardering van de Noordoostpolderbodem. Zwolle, 1951.
5. Schreven, D. A. van. De microbiologie van de Noordoostpolderbodem. Zwolle, 1951.
6. Feekes, W. en D. Bakker, De ontwikkeling van de natuurlijke vegetatie in de Noordoostpolder. Zwolle, 1954.
7. Bakker, D. Oecologie van klein hoefblad en de bestrijding van deze plant in de Noordoostpolder. Zwolle, 1952.
8. Blaauboer, A. Inrichting en ontwikkeling van het gemeentelijk bestuur van de Noordoostpolder. Zwolle, 1952.
9. Overdijkink, G. A. en L. W. Wilmes. Beplantingsplan en uitvoering van de beplanting in de Noordoostpolder. Zwolle, 1953.

VAN ZEE TOT LAND

Rapporten en mededelingen inzake de droogmaking,
ontginning en sociaal-economische opbouw
der IJsselmeerpolders

Nr 10

De humus- en stikstofgehalten van de ingepolderde gronden in de voormalige Zuiderzee

DOOR

Dr. D. J. HISSINK

Oud-Directeur van het Bodemkundig Instituut te Groningen
Haren (Gr.)

W. E. J. Tjeenk Willink N.V., Zwolle
1954

With a summary:

"The humus and nitrogen content of reclaimed soils in the former Zuidersea basin."

INLEIDING

Het is overbekend, dat de organische stoffen in de grond, hier in het vervolg kortweg onder het verzamelwoord humus[1] samengevat, bij vele bodemprocessen een grote rol spelen. Een belangrijke factor in deze processen is wel het stikstofgehalte van de humus, maar het is zeker niet de enige. Ik behoef hier slechts te wijzen op de belangstelling, die de humus in verband met het structuurvraagstuk, in het bijzonder de laatste jaren, in ons land bezit.

Ten aanzien van de vraag, op welke wijze de humus door de minerale delen in de grond wordt gebonden, kan de rol van de zandige delen buiten beschouwing blijven. De vraag, op welke wijze de humus in de fijnere minerale delen voorkomt[2], heeft reeds tal van jaren de bodemkundigen bezig gehouden. Bij zijn onderzoek van de Wieringermeergronden constateerde ZUUR[3] een zeer nauw verband tussen het gehalte aan afslibbare delen en het gehalte aan organische stof, zodat hij de mogelijkheid veronderstelt, dat in marien slik de klei en de organische stof op de één of andere wijze aan elkaar gekoppeld zijn.

In dit verband is het ook van belang op te merken, dat de bij normale temperatuur gedroogde humusvrije kleisubstantie geheel reversibel is; d.w.z. zij kan enkel door water gepeptiseerd, d.i. in kleine deeltjes gesplitst worden. Van de humus moet, nà drogen, slechts een gedeelte reversibel zijn. Verschillende onderzoekers gebruiken hier verschillende benamingen. Zo spreekt SOKOLOVSKY[4] van het reversibele en het irreversibele van de humus. SCHUFFELEN[5] onderscheidt instabiele humus, die door micro-organismen van de grond wordt afgebroken en daarom ook wel voedingshumus genoemd wordt, en stabiele humus, die — zoals haar naam zegt — een zekere resistentie vertoont tegen de aantasting, zoals die in de grond plaats vindt[6].

Verschillende onderzoekers zijn nu de mening toegedaan, dat het deze irreversibele of passieve humus is, die een belangrijke rol bij het behoud van de structuur van kleigronden, en trouwens van de grond in het algemeen, speelt[7]. De goede kruimelstructuur zou, ook nà zware regenperioden, daardoor behouden blijven: de kruimels zouden moeilijk uiteen vallen[8]. Is deze onderstelling juist, dan is het wel van belang dit speciale deel van de humus nader te bestuderen.

In aansluiting aan het door ZUUR geconstateerde verband tussen de gehalten aan slibfractie en het gehalte aan organische stof, worden de gehalten aan organische stof (humus) omgerekend op 100 g slibfractie. En aangezien bij deze binding de fijnere delen van de slibfractie wel de

hoofdrol zullen spelen, vindt deze omrekening plaats op de fijnste fractie, de lutumfractie (fractie I, deeltjes kleiner dan 0,002 mm diameter).

In deze verhandeling worden behandeld: De Andijker Proefpolder, de Wieringermeer, de Noordoostpolder en de polder Oostelijk Flevoland.

Er blijkt een merkwaardige gelijkenis in samenstelling te bestaan tussen het slik, waaruit de bovenlaag van de Andijker Proefpolder is opgebouwd en het Dollardslik, dat in de loop van de laatste eeuwen de achtereenvolgens ingedijkte Dollardpolders heeft opgebouwd. Ik meen hier dus te mogen beginnen met, in 't kort, de uitkomsten, die een onderzoek van de Dollardpolders op dit gebied (humus-stikstof) hebben opgeleverd, mede te delen.

DE ACHTEREENVOLGENS INGEDIJKTE DOLLARDPOLDERS

Bij het onderzoek van de achtereenvolgens ingedijkte Dollardpolders [9] bleken deze op droge stof (105° C.) gemiddeld ongeveer 60 % slib (fractie I + II) te bevatten; met zeer grote benadering bevat deze slibfractie 70 % lutum (fractie I), dus op 100 gram grond komen 60 g slib en 42 g lutum voor [10]. Ter vergelijking zijn alle humus- en stikstofcijfers, onder aanneming van een rechtlijnig verband tussen slib- en humusgehalte, omgerekend op 60 % slibfractie. Waar het hier slechts kleine verschillen in slibgehalten betreft, kan dit zonder bezwaar geschieden.

Het verse Dollardslik bleek met uitzondering van enkele zandige slikken op 100 gram grond gem. 60 g slib (d.i. dus 42 g lutum), 5,8 g humus en 0,32 g stikstof (N) te bevatten. Dat is op 100 g slib 9,6 g humus en op 100 g lutum 13,8 g humus. En op 100 g humus 5,6 g stikstof.

Nà de indijking nemen de gehalten aan humus en stikstof af en nà 70 jaar [11] zijn deze gedaald, in procenten op grond, van 5,8 g tot 3,2 g humus en van 0,327 g tot 0,209 g stikstof. Het stikstofgehalte van de humus is dus gestegen van 5,6 % tot 6,6 %. Zowel de organische koolstofverbindingen als de organische stikstofverbindingen hebben zich in deze 70-jarige periode omgezet; de koolstofverbindingen evenwel sneller dan de N-verbindingen [12].

DE ANDIJKER PROEFPOLDER

De Andijker Proefpolder viel droog in het jaar 1927 [13]. Ten Noorden van de maalsloot kwamen zware slikafzettingen voor. Het verse Andijker slik bleek in 1927 dezelfde samenstelling te bezitten als het verse Dollardslik [14].

Gemiddeld bevatte de droge stof (105° C.) van het verse slik 60,4 % slib (fractie I + II) en de slibfractie afgerond 70 % lutum (fractie I). In dit opzicht komen de Andijker slikgronden geheel overeen met de zeekleigronden. Het verse slik bevatte op 100 g droge grond 60,4 g slib (d.i. 42 g lutum), 5,8 g humus [14] en 0,333 g stikstof; d.i. op 100 g slib 9,6 g humus (dus op 100 g lutum 13,8 g humus) en op 100 g humus 5,7 g stikstof (N).

In de jaren 1931, 1933 en 1935 is de bovenlaag van dit slik (0—10 cm) opnieuw bemonsterd en wel kavel III (bouwland) en kavel IV (grasland).

Teneinde zo goed mogelijk gemiddelde monsters te krijgen, werden telkens van elke kavel meerdere monsters genomen. Een enkele maal is een minder zware slikafzetting bemonsterd, doch bij omrekening op 100 g slib bleken deze monsters dezelfde gehalten te hebben als de zwaardere sliklagen. Het verkregen cijfermateriaal is dus in hoge mate betrouwbaar[15]. Ik meen, dat het daarom gewenst was, althans de gemiddelden van dit materiaal volledig te publiceren. Voor de resultaten wordt naar tabel 1 verwezen[16].

Het is van belang de omzettingen van deze slikafzettingen in de eerste acht jaren van hun bovenaards bestaan, wat nader te bekijken. Evenals bij de Dollard zijn hierbij alle cijfers omgerekend op 60 % slib, wat ook hier zonder bezwaar kon geschieden.

TABEL 1. Gemiddelde gehalten aan slib, humus en humus op slib in de Proefpolder Andijk.

De monsters van de uitgangstoestand zijn genomen van de lagen 0—25 en 25—50 cm; die van de latere jaren van de laag 0—10 cm.

Datum monstername en herkomst	100 g droge grond bevatten g		g humus in 100 g slib (0—16 mu)
	slib (0—16 mu)	humus (el. analyse)	
Bij het droogvallen in 1927; gehele polder	60.4	5.8	9.6
Grasland kavel 4 1931	62.5	6.4	10.2
Grasland kavel 4 1933	63.8	6.4	10.1
Grasland kavel 3 1935	57.5	5.6	9.7
Bouwland kavel 3 1931	60.2	5.4	9.0
Bouwland kavel 3 1933	50.4	4.6	9.1
Bouwland kavel 3 1935	59.5	5.0	8.4

Gemiddeld bevat de grond van het grasland (kavel IV) op 100 g droge stof (105° C.), omgerekend op 60 % slib, in 1927 5,8 % humus, in 1931 6,1 %, in 1933 6,0 % en in 1935 weer 5,8 % humus. Aanvankelijk is er in de eerste vier jaar een kleine toename in het humusgehalte van 5,8 % tot 6,1 %, die echter weer geleidelijk verdwijnt. Uiteraard blijkt dit gedrag ook uit de cijfers van de laatste kolom: grammen humus per 100 g slib (9,6—10,2—10,1—9,7). Nà 8 jaar is het humusgehalte gelijk aan het begin.

Van kavel IV (grasland) is het stikstofcijfer uit het jaar 1931 bekend. Het was op 100 g humus 5,7 g N; dus practisch dezelfde waarde als die van het verse slib in 1927.

Het bouwland vertoont een enigszins ander beeld. Uit de jaren 1931 en 1935 zijn hier de gehalten aan stikstof bekend. In tabel 2 zijn opgenomen de

gehalten aan humus en stikstof op droge stof, omgerekend op 60 % slib; het aantal grammen humus op 100 g slib en op 100 g lutum en het aantal grammen stikstof op 100 g humus. Ter vergelijking zijn deze waarden voor de Dollardgrond bijgevoegd (vers slik en grond, 70 jaar nà de bedijking).

TABEL 2. Gemiddelde gehalten aan humus, stikstof, humus op lutum en slib en stikstof op humus in verloop van tijd in de Dollard en de Andijker Proefpolder. (Bouwland).
(De humus- en stikstofgehalten zijn omgerekend op een lutumgehalte van 42 % en een slibgehalte van 60 %.)

Ouderdom en herkomst *Age and Origin of Samples*	100 g droge grond (60 % slib) bevatten g *100 gms of dry soils (60 % silt) contain in gm.*		g humus in *gm. of Humus per*		g stikstof in 100 g humus *gm. of Nitrogen per 100 gm. of Humus*
	humus *Humus*	stikstof *Nitrogen*	100 g slib *100 gr. of silt (0—16 mu)*	100 g lutum *100 gr. of lutum (0—2 mu)*	
Dollardgronden *Dollard soils*					
vers slik *fresh mud*	5.8	0.327	9.6	13.8	5.6
na 70 jaar *after 70 years*	3.2	0.209	5.3	7.6	6.6
Andijker Proefpolder *Exp.Polder at Andijk*					
vers slik (1927) *fresh mud (1927)*	5.8	0.333	9.6	13.8	5.7
na 4 jaar (1931) *after 4 years (1931)*	5.4	0.291	9.0	12.9	5.4
na 8 jaar (1935) *after 8 years (1935)*	5.1	0.278	8.5	12.1	5.5
na 15 jaar (1942) *after 15 years (1942)*	5.3	0.287	8.8	12.6	5.5
na 25 jaar (1952) *after 25 years (1952)*	5.3(?)	0.282(?)	8.8(?)	12.6(?)	5.3(?)

TABLE 2. *Average content of Humus, Nitrogen, Humus per 100 gm. of Lutum (0—2 mu) and Silt (0—16 mu) and Nitrogen per 100 gm. of Humus in consecutive years on Arable Land in the Dollard and the Experimental Polder at Andijk.*
(The Humus and Nitrogen Content are converted to a Lutum Percentage of 42 % and a Silt Content of 60 %.)

In 1931 bevat het bouwland op droge stof (60 % slib) 5,4 % humus en 0,291 % N. Zowel de gehalten aan humus als aan stikstof zijn in deze vier jaar gedaald. Het stikstofgehalte van de humus is gedaald van 5,7 op 5,4. De organische N-verbindingen hebben zich in deze eerste vierjarige periode dus iets sneller omgezet dan de organische C-verbindingen.

In de volgende vierjarige periode (1931—1935) zijn de omzettingen van de organische verbindingen niet zo duidelijk. Men is geneigd, een kleine vermindering van de humus- en stikstofgehalten in deze periode aan te nemen. Met het oog op de onregelmatigheden, die in de bemonsteringen op dezelfde kavel toch altijd optreden, lijkt het het beste, van een zeer geringe verandering in de humus- en stikstofgehalten in deze periode te spreken. Wel komt het mij geoorloofd voor, op te merken, dat de snellere omzetting van de stikstofverbindingen ten opzichte van de C-verbindingen in de tweede vierjarige periode tot staan gekomen is.

Door de Bodemkundige Afdeling te Kampen heeft in de jaren 1942 (dus nà 15 jaar) en 1952 (dus nà 25 jaar) een nieuwe bemonstering plaats gevonden. Over het onderzoek in 1942 heeft ZUUR in 1943 in de vergadering te Zwolle een inleiding gehouden [17]. Op grond van de verkregen resultaten meent ZUUR tot een zeer geringe omzetting van de organische stof in deze 11-jarige periode te moeten besluiten. ZUUR is zelfs van mening, dat — als men de fouten bij de bemonstering in aanmerking neemt, er geen vaststaande verschillen tussen de humus- en stikstofgehalten van 1931 – 1935 – 1942 bestaan. Zijn conclusie luidt: „In het licht van deze foutencijfers kan dus niet anders geconcludeerd worden, dan dat er van 1927—1931 een duidelijke daling van het humusgehalte heeft plaats gevonden en vermoedelijk ook een daling van het stikstofgehalte, doch dat een verdere daling van het humusgehalte, indien deze nog plaats vindt (wat overigens wel waarschijnlijk is) met een zo geringe snelheid verloopt, dat zij in het tijdvak van 1931—1943 nog onmeetbaar is".

De cijfers van 1952 zijn minder betrouwbaar dan de oudere. Door de voortdurende inklinking was de sliklaag zo dun geworden, dat de bouwvoor vóór in de polder, waar de sliklaag het dunste was, uit een mengsel van slik en de onderliggende oude zeeklei is gaan bestaan. Achter in de Proefpolder is de sliklaag dikker, doch daar bevat zij ook meer zand. De cijfers moeten daardoor nogal met een grote factor vermenigvuldigd worden, om vergelijkbaar te zijn met de oude cijfers. ZUUR komt tot de slotconclusie, dat het humusgehalte van het slik aanvankelijk, in de eerste 4 jaar, snel is afgenomen, doch dat de verdere afname in ieder geval uiterst langzaam gaat.

Afname van de humus- en stikstofgehalten.

Het lijkt mij wel van belang, de afname van de humus- en stikstofgehalten, nà het in cultuur brengen — voor zoverre dat met enige benadering mogelijk is — nader in cijfers uit te drukken, ook in vergelijking met de Dollardgronden. In tabel 2 zijn daartoe opgenomen de cijfers van de Dollard en van het bouwland in de Andijker Proefpolder.

Het humusgehalte van het verse Dollardslik is nà 70 jaar, voor 100 g grond, gedaald van 5,8 g tot 3,2 g, dat is met 2,6 gram of gemiddeld per jaar

met 0,037 gram. Het stikstofgehalte is gedaald van 0,327 g tot 0,209 g, dat is met 0,118 gram of van de verdwenen humus 4,5 % N.

Voor de eerste vierjarige periode van het Andijker slik is het humusgehalte, per 100 g grond, gedaald van 5,8 g tot 5,4 g, dat is met 0,4 gram of gemiddeld per jaar 0,1 gram. Het stikstofgehalte is gedaald van 0,333 g tot 0,291 g; dat is met 0,042 gram of van de verdwenen humus 10,5 % N.

Voor de tweede vierjarige periode is het humusgehalte, per 100 g grond, gedaald van 5,4 g tot 5,1 g, dat is met 0,3 gram of per jaar met 0,075 gram. Het stikstofgehalte is dan gedaald van 0,291 g tot 0,278 g; dat is met 0,013 gram of van de verdwenen stikstof 4,3 %.

De organische bestanddelen van het verse Andijker slik bevatten blijkbaar gemakkelijk ontleedbare stikstofverbindingen, die in de eerste vier jaar snel omzetten. Dit verklaart het hoge gehalte van 10,5 % N van de verdwenen organische stoffen. Daarnà keert het proces om en ontleden de organische C-verbindingen sneller dan de organische N-verbindingen. Op de duur is ook een stijging van het stikstofgehalte van de humus bij de Andijker slikgronden te verwachten.

De N-gehalten van de verdwenen humus in de 70-jarige periode van het Dollardslik en in de tweede vierjarige periode van het Andijker slik — resp. 4,5 % en 4,3 % — zijn vrijwel gelijk.

Ook uit de jaarcijfers van de verdwenen humus — resp. 0,1 g, 0,075 g en 0,037 g — blijkt de snelle humusomzetting in de eerste 4, resp. 8 jaar, die dan verder tot 0,037 g per jaar afneemt. Dit laatste cijfer wordt nog iets kleiner, als de snelle omzetting gedurende de eerste 8 jaar in rekening wordt gebracht.

Het lijkt me nuttig te trachten de vraag te beantwoorden, hoeveel humus en stikstof bij de omzettingen van de organische verbindingen per jaar en per bunder beschikbaar komen.

Voor de eerste vierjarige periode van de Andijker Proefpolder is dit met voldoende benadering te berekenen. Het volumegewicht van de Andijker slikgronden is in deze periode gemiddeld ongeveer 0,446 ([13], blz. 149). Per ha weegt de bovenlaag van 0—25 cm 1.150.000 kg. Per 100 g verdween per jaar in deze periode gemiddeld 0,1 g humus; dat is per ha (bovengrond) 1.115 kg humus. Het stikstofgehalte van deze humus is 10,5 %; per jaar en per bunder is een bedrag van 117 kg stikstof (N) beschikbaar gekomen. Het is niet te verwonderen, dat de gewassen in deze eerste vierjarige periode niet op een stikstofbemesting reageerden.

Voor de Dollardgronden is slechts een zeer globale berekening te maken. In de eerste 70-jarige periode is het humusgehalte van de Dollardgrond per 100 g gedaald met 2,6 gram. Het volumegewicht is in deze periode toegenomen. Na 70 jaar is het ca 1,3 geworden ([9], blz. 89). Van dit gewicht uitgaande weegt de bovenlaag (0—25 cm) per bunder 3.250.000 kg. In deze laag is dan verdwenen 84.500 kg humus, met 4,5 % stikstof, dat is 3800 kg stikstof (N). Het is niet geoorloofd uit deze cijfers een jaargemiddelde over deze 70-jarige periode te berekenen. Het gemiddelde verlies per jaar van 1200 kg humus en 54 kg stikstof (N) in de bouwvoor, per bunder, geeft slechts een zeer globaal idee over de cijfers, waarover het hier ongeveer gaat.

DE WIERINGERMEER

De eerste grondmonsters van de toen nog onder zeewater liggende Wieringermeer zijn genomen door de Sub-Commissie uit de tweede Commissie-LOVINK en wel op 51 plaatsen in Juli, Augustus en September 1927. De resultaten van het onderzoek van deze monsters, dat aan het Bodemkundig Instituut te Groningen plaats vond, zijn gepubliceerd in Blauwboek I ([13], blz. 175—288). De methode voor de humusbepaling is beschreven in de publicatie over Andijk (Blauwboek I, blz. 95). Bij een later te Groningen ingesteld onderzoek is gebleken, dat deze methode foutief is geweest. De in Blauwboek I vermelde humuscijfers zijn dus waardeloos. Hetzelfde geldt voor de uit deze humuscijfers berekende stikstofgehalten, in procenten op humus [14].

Van de Wieringermeerpolder, die in de loop van de tweede helft van het jaar 1930 boven water kwam, is in 1931 van een aantal gronden het humusgehalte volgens de elementair analyse bepaald [18]. Van de 68 onderzochte monsters zijn de volgende gemiddelden gevonden: 2,54 – 2,34 – 2,00 – 2,55, totaal gemiddeld 2,39 gram humus op 100 g grond (105° C.). Aangezien de gehalten aan slib- en lutumfracties van deze 68 monsters niet meer nagegaan kunnen worden, wordt hier met het mededelen van deze cijfers volstaan. Van deze 68 monsters zijn ook de gehalten aan stikstof bepaald [19]. Gemiddeld is gevonden 0,139 % N op 100 g grond (105° C.); dat geeft 5,8 g N op 100 g humus.

De bodem van de Wieringermeer bestaat in hoofdzaak uit oude zeeklei. Deze oude zeeklei was, bij het droogkomen van de polder in 1930, afgedekt door een laagje jonger materiaal, dat in de regel uit zandig slik bestond. Dit laagje is nu door de onderliggende grond geploegd; als gevolg daarvan bestaat de bouwvoor uit een mengsel van beide afzettingen, waarin de oude zeeklei overweegt, althans in de hieronder besproken monsters.

In de oude zeeklei kunnen twee facies onderscheiden worden: de kwelderafzettingen en de wadafzettingen. Tijdens de opslibbing van de oude zeeklei, die ongeveer 4500 jaar geleden plaats vond, waren de kwelders hoger gelegen terreinen, die begroeid waren met een welige rietvegetatie. Deze kwelders vielen, in ieder geval waarschijnlijk bij eb, droog. Op deze kwelders was de waterbeweging rustig, zodat er zware grond werd afgezet; het slibgehalte is meestal hoger dan 40 %. Bij het droogvallen waren in de klei de resten van een voormalige rietvegetatie, vooral de rhizomen daarvan, nog duidelijk te onderscheiden.

Het op de kwelders afgezette slik was kalkrijk. Door de betrekkelijk hoge ligging en de rietbegroeiing hebben de kweldergronden tijdens hun vorming evenwel een meer of minder grote hoeveelheid koolzure kalk verloren; sommige gronden zijn zelfs geheel ontkalkt.

De wadgronden werden afgezet in de lagere delen van het toenmalige landschap. De waterbeweging was hier groter en als gevolg daarvan het slibgehalte in de regel lager. Deze wadgronden bestaan daardoor soms uit

zand, doch voornamelijk uit lichte en zware zavel. Door hun lagere ligging waren de wadgronden niet of spaarzaam begroeid en zij verloren daardoor geen koolzure kalk. Als gevolg daarvan is het gehalte aan koolzure kalk van deze gronden hoog.

Van deze oude kwelder- en oude wadafzettingen zijn in de jaren 1930/'31 door het Bodemkundig Instituut te Groningen 94 grondmonsters genomen en aldaar onderzocht, o. a. op hun gehalten aan slib en humus (elem. analyse)

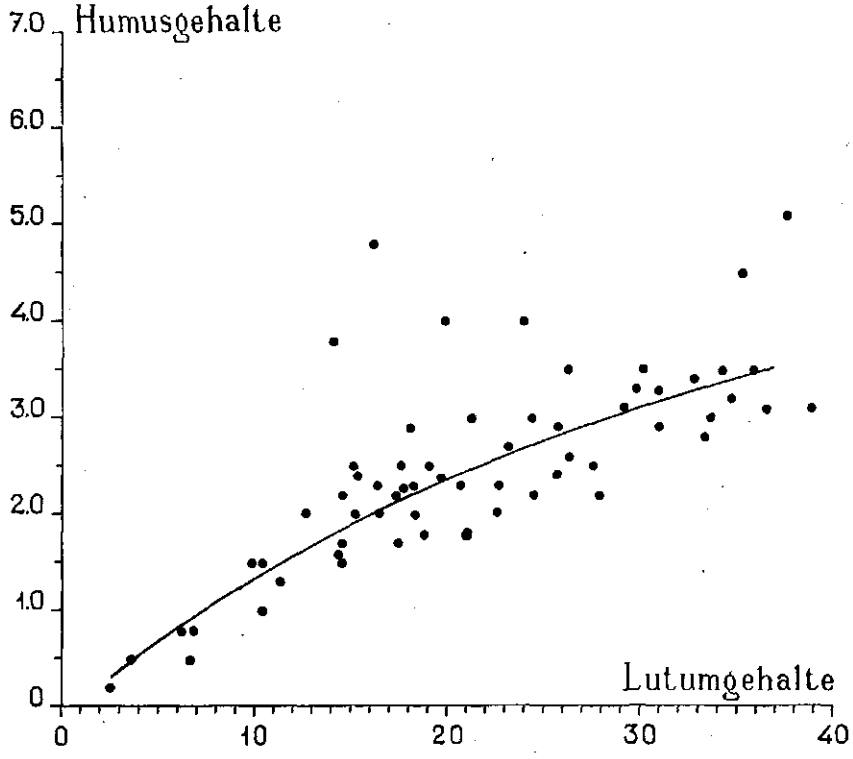

FIG. I. Verband tussen humus- en lutumgehalte (in g per 100 g droge grond) in oude zeeklei-wadafzettingen uit de Wieringermeer.

Relation between Humus and Lutum Content (in gm. per 100 gms. of dry soil) in old sea-clay-tidal flat sediments in the Wieringermeer Polder.

Bovendien zijn van 31 wadmonsters en 3 kweldermonsters de gehalten aan stikstof bekend.

Het resultaat van het onderzoek op lutum en humus is in een tweetal figuren bijeengebracht; figuur I voor de 66 monsters van de oude wadafzettingen en figuur II voor de 28 monsters van de oude kwelderafzettingen. Zoals reeds werd opgemerkt, zijn de kwelderafzettingen over het algemeen zwaarder dan de wadafzettingen.

Er blijkt verband te bestaan tussen de lutumgehalten en de humusgehalten; bij stijging van de lutumgehalten valt een stijging van de humusgehalten waar te nemen.

Wat de wadafzettingen betreft, door de 66 punten van figuur I is wel een gebogen lijn te trekken, die dus het verband tussen lutumgehalte en humusgehalte aangeeft. De 28 punten van de kwelderafzettingen in figuur II liggen te verspreid om in dit opzicht tot enig verband te kunnen besluiten.

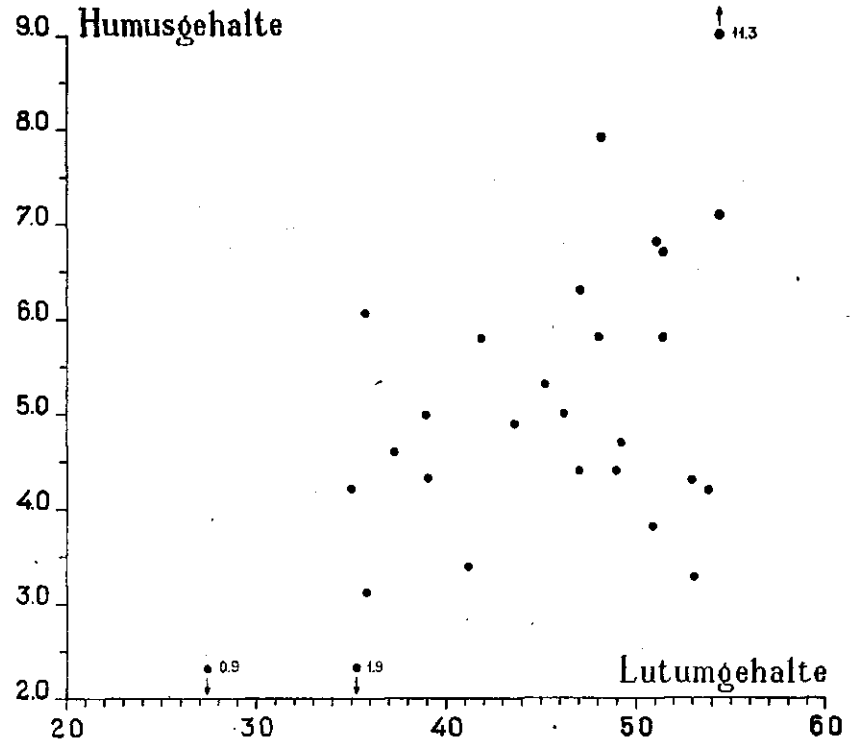

FIG. II. Verband tussen humus- en lutumgehalte (in g per 100 g droge grond) in oude zeeklei-kwelderafzettingen uit de Wieringermeer.

Relation between Humus and Lutum Content (in gm. per 100 gms. of dry soil) in old sea-clay-kwelder sediments in the Wieringermeer Polder.

Zoals uit de beide figuren blijkt, bestaat er — in het bijzonder bij de kwelderafzettingen — een aanzienlijke variatie in de humusgehalten van de lutumfracties van de oude Wieringermeerafzettingen, en dit zowel naar de lage als naar de hoge kant. Van een viertal sterke afwijkingen, waarvan ook de stikstofgehalten bekend zijn, zijn de cijfers in tabel 3 opgenomen.

TABEL 3. Gehalten aan lutum, humus, stikstof, humus op lutum en stikstof op humus van een aantal afwijkende Wieringermeermonsters.

100 g grond (105° C.) bevatten g			100 g lutum bevatten g humus	g N in 100 g humus	Aard van het monster
lutum	humus	stikstof (N)			
		Bijzonder laag humusgehalte van de lutumfractie			
27,3	0,93	0,072	3,4	7,7	kwelder
		Hoog humusgehalte op lutumfractie			
15,4	2,38	0,100	15,5	4,2	wad
12,7	2,13	0,089	16,8	4,2	
		Extra hoog humusgehalte op lutumfractie			
14,1	3,78	0,136	26,8	3,6	wad

Voor deze variaties heb ik geen vaststaande verklaring. Ik stel me voor, dat de hoge humusgehalten tot stand gekomen zijn, doordat tijdens de vorming van de grond plantenresten zijn ingespoeld. De vorming van de oude zeeklei vertoont veel overeenkomst met die van de grond in de Biesbos. In de Biesbos kan men ook duidelijk zien, dat het humusgehalte door ingespoelde plantenresten aanvankelijk veel hoger is dan met de evenwichtstoestand overeenkomt.

Deze onderstelling wint aan waarschijnlijkheid door het volgende. In een vroegere publicatie [19] is een tabel opgenomen (tabel I, blz. 106—107) van humus- en stikstofgehalten en van de stikstofgehalten van de humus. Voor de rubriek I (cultuurgronden) en II (jonge Zuiderzeegronden) schommelen de stikstofgehalten van de humus tussen 5,4 en 7,2. De monsters van rubriek III (veenachtige gronden en veengronden) geven lagere cijfers te zien. Voor veenachtige grond en laagveen liggen ze tussen 4,1 en 2,5; voor hoogveen, niet gecultiveerd, is het gehalte 1,0. Het is dus wel waarschijnlijk, dat ingespoelde plantenresten het humusgehalte doen toenemen, waarbij het stikstofgehalte van de humus daalt. Bij de laatste drie monsters van tabel 3, met hoge en zeer hoge humusgehalten van de lutumfractie, dalen de stikstofgehalten van de humus inderdaad tot 4,2 en 3,6.

Van de lage humusgehalten in de lutumfractie is in tabel 3 één monster opgenomen, nl. een monster met 3,4 % humus op lutum. Dergelijke lage humusgehalten kunnen betrekking hebben op plekken, die nà de sedimentatie, doch nog in de kwelderperiode, zo hoog gelegen hebben, dat de afgezette grond, toen deze ondergrond geworden was, nog deel had aan bacteriologische oxydatie van de organische stof, terwijl vermeerdering van de humus niet plaats vond. In oude kleigronden in Groningen zijn ook vaak vrijwel humusloze lagen gevonden [9]. Deze onderstelling wint aan waarschijnlijkheid, omdat de humusarme lagen vaak uit z.g. korte klei bestaan, d.w.z. uit klei, die — in tegenstelling met de normale oude zeeklei

— reeds enige structuur vertoont. Ook het hoge stikstofgehalte van de humus (7,74 %) geeft steun aan deze veronderstelling: de organische koolstofverbindingen zijn meer omgezet dan de organische stikstofverbindingen.

DE NOORDOOSTPOLDER

De bodem van de Noordoostpolder bestaat in zijn bovenlaag uit materiaal, dat in de laatste eeuwen vóór de afsluiting van de Zuiderzee ter plaatse is afgezet (jonge Zuiderzee diepwaterafzettingen). Het sediment is vermoedelijk grotendeels van mariene afkomst, uit de Wadden- en Noordzee de Zuiderzee ingespoeld. In de Noordoostpolder zelf was het water, door de menging met IJsselwater, brak (± 10 g zout per liter in het Westen, en minder dan 5 g in het Zuiden en Oosten).

De bovenlaag van de Noordoostpolderbodem bestaat in het Westen uit zeer fijn kleihoudend zand; in Oostelijke richting neemt de zwaarte toe tot ± 25 % lutum in het centrum van de polder; verder naar de kust toe neemt de zwaarte weer af en aan de kust bestaat de bovengrond weer uit zeer fijn kleihoudend zand.

In 1931, toen de Noordoostpolder nog onder water stond, zijn door het Bodemkundig Instituut te Groningen 26 monsters van bovengronden, tot ongeveer 40 cm diepte, genomen en te Groningen onderzocht op $CaCO_3$, slibgehalte, zand, humus (elementair analyse) en stikstof (N). In enkele monsters werd het gehalte aan keukenzout bepaald; dit kwam niet boven 0,7 g NaCl per 100 g droge grond. De gehalten aan $CaCO_3$ schommelden tussen 7,4 % en 12,4 %; de slibgehalten tussen 24,7 % en 51,0 %. Bij een later onderzoek te Kampen van 57 monsters bleek het lutumgehalte van de slibfractie gemiddeld 58,4 % te zijn; de lutumgehalten van de Groninger monsters liggen dus tussen 14,4 % en 29,8 %. Tussen 18 Dec. 1947 en 6 April 1950 zijn door de Bodemkundige Afdeling te Kampen nog 57 monsters genomen en aldaar onderzocht. De lutumgehalten van deze monsters liggen tussen 1,8 % en 26 %. De zwaarste onderzochte grondsoort is dus zware zavel B. De gehalten aan $CaCO_3$ van deze monsters liggen tussen 2,5 % en 11,3 %. Het hier volgend cijfermateriaal heeft alleen op deze 57 monsters betrekking.

De resultaten van het onderzoek op de gehalten aan lutum en humus (elementair analyse) zijn samengebracht in figuur III. Het humusgehalte blijkt met het lutumgehalte te stijgen. Deze stijging is vrij regelmatig; door de 57 punten is een gebogen lijn te trekken, die dus het verband tussen de gehalten aan humus en lutum met enige benadering aangeeft.

In een niet gepubliceerde nota wijst WIGGERS [20] op deze nauwe samenhang tussen het lutumgehalte en het humusgehalte, maar voegt er aan toe, dat dit verband enigermate afhankelijk is van de herkomst van de monsters. De gronden dicht bij de kust vertonen relatief iets hogere humusgehalten dan de gronden in het Westen. Of dit een gevolg is van het verschil in water-

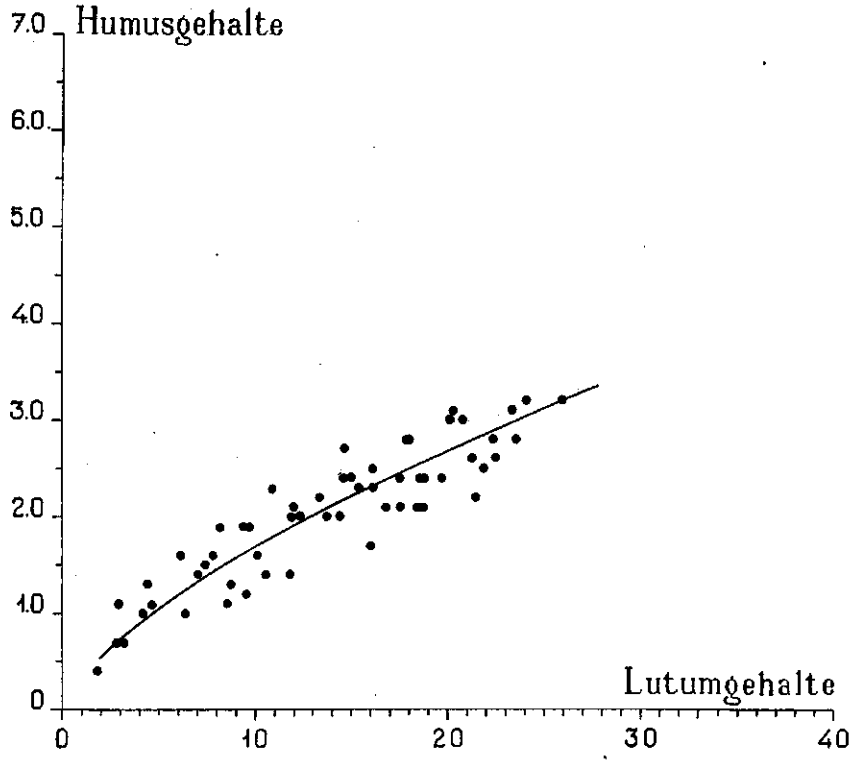

FIG. III. Verband tussen humus- en lutumgehalte (in g per 100 g droge grond) in jonge Zuiderzee-diepwaterafzettingen uit de Noordoostpolder.

Relation between Humus and Lutum Content (in gm. per 100 gms. of dry soil) in young Zuidersea deep-water sediments in the North-Eastern Polder.

diepte, dan wel van het zoutgehalte, is niet bekend. Uit de twee lijnen, in fig. 4*b* van de nota-WIGGERS opgenomen, blijkt het verschil tussen Oost en West bij een lutumgehalte van 20% ca 0,7% te bedragen. De in figuur III getekende gebogen lijn geeft het gemiddelde weer.

OOSTELIJK FLEVOLAND

De normale bodem van Oostelijk Flevoland bestaat uit hetzelfde materiaal als die van de Noordoostpolder; alleen was het zoutgehalte van het water wat lager (± 10 g zout per liter in het Noordwesten, en minder dan 5 g in het Zuidoosten).

Ook in Oostelijk Flevoland is de bodem in het naar de Waddenzee gekeerde deel (hier het Noordwesten) en langs de kust zandig. Het centrum bestaat uit zwaardere grond, zwaarder dan in de Noordoostpolder (tot ± 35 % lutum).

Na de afsluiting van de Zuiderzee is op sommige plaatsen op de jonge

Zuiderzee-diepwaterafzettingen z.g. IJsselmeerslik gesedimenteerd; dit is dus een zoetwaterafzetting, gevormd uit geremanieerde Zuiderzeeafzettingen.

In de tweede helft van 1953 ontving ik de resultaten van het onderzoek van grondmonsters, genomen door de Bodemkundige Afdeling te Kampen van de toen nog onder water staande polder Oostelijk Flevoland. Het zijn 28 monsters Zuiderzee-afzettingen, genomen van de laag van 0—40 cm en 11 monsters IJsselmeerslik, genomen ter diepte van 0 tot 12 à 40 cm. De monsters zijn te Kampen onderzocht op hun gehalten aan slib, lutum, humus (elementair analyse) en stikstof (N).

De Zuiderzeeafzettingen.

De lutumgehalten lopen van 6,5 % tot 35,4 %; de grondsoorten dus van lichte zavel A tot niet te zware klei. Het is niet mogelijk voor Oostelijk Flevoland eventuele verschillen tussen bepaalde gebieden aan te geven. In figuur IV is het verband tussen het lutumgehalte en het humusgehalte

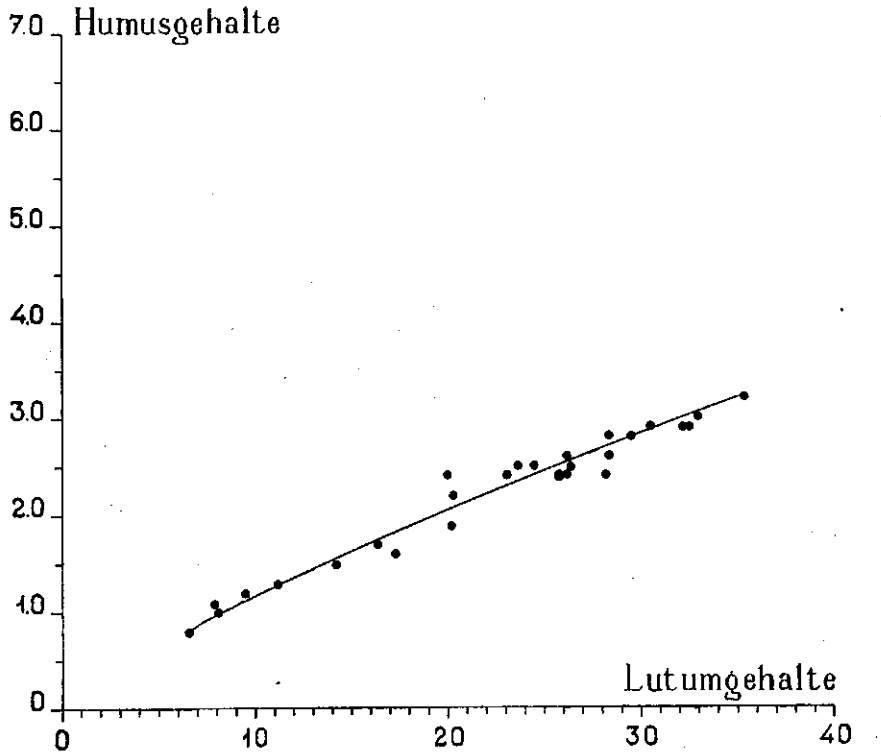

FIG. IV. Verband tussen humus- en lutumgehalte (in g per 100 g droge grond) in jonge Zuiderzee-diepwaterafzettingen uit Oostelijk Flevoland.

Relation between Humus and Lutum Content (in gm. per 100 gms. of dry soil) in young Zuidersea deep-water sediments in East Flevoland.

weergegeven. Deze lijn heeft dus betrekking op de gemiddelde toestand in Oostelijk Flevoland. Het humusgehalte stijgt met het lutumgehalte. Deze stijging is zeer regelmatig; door de 28 punten is een flauw gebogen lijn te trekken, die dus het verband tussen de gehalten aan lutum en humus met vrij grote benadering weergeeft.

Het IJsselmeerslik.

De lutumgehalten lopen van 10,5 % tot 32,4 %; de grondsoorten dus eveneens van lichte zavel A tot niet te zware klei. Reeds op het oog onderscheidt het IJsselmeerslik zich van de onderliggende mariene lagen door het hogere humusgehalte. In figuur V is het verband tussen het lutumgehalte en het humusgehalte aangegeven. De humusgehalten stijgen vrij regelmatig met de lutumgehalten; door de 11 punten is een vrij rechte lijn te trekken, die dus het verband tussen de gehalten aan lutum en humus met grote benadering weergeeft.

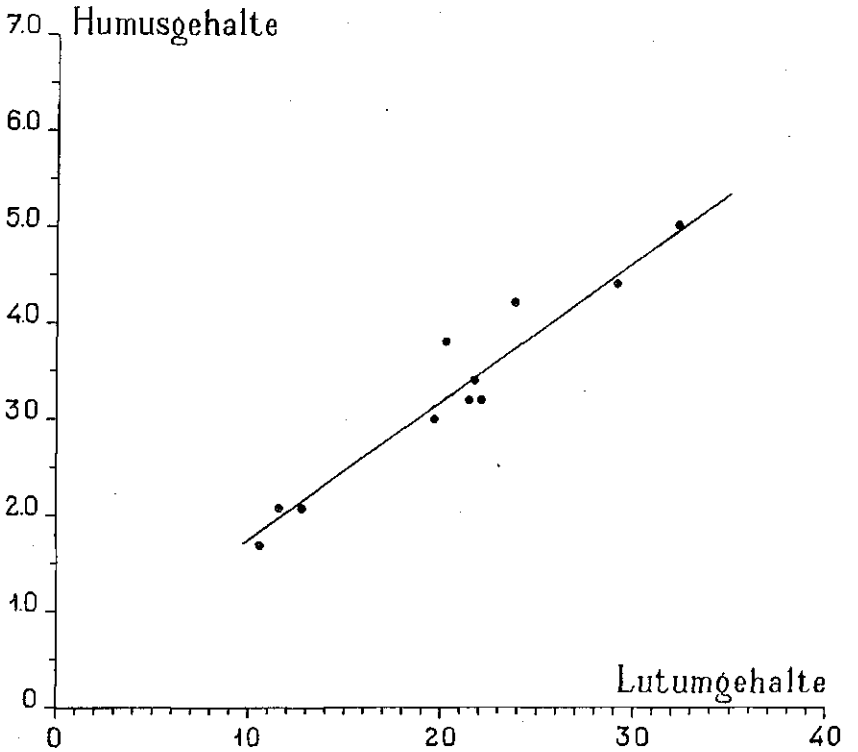

FIG. V. Verband tussen humus- en lutumgehalte (in g per 100 g droge grond) in jonge IJsselmeer-diepwaterafzettingen uit Oostelijk Flevoland (IJsselmeerslik).

Relation between Humus and Lutum Content (in gm. per 100 gms. of dry soil) in young Lake IJssel deep-water sediments in East Flevoland (Lake IJssel mud).

SAMENHANG TUSSEN HET LUTUMGEHALTE EN HET HUMUSGEHALTE.

Het humusgehalte van jonge mariene gronden vertoont een vrij nauwe samenhang met het lutumgehalte: bij stijging van het lutumgehalte stijgt het humusgehalte. In fig. VI zijn de vier lijnen uit de vier-punten-figuren opgenomen, die dit verband voor de gronden van de Wieringermeer, de Noordoostpolder en Oostelijk Flevoland (Zuiderzeeafzettingen en IJsselmeerslik) weergeven. In de lijnenfiguur VI zijn nog twee punten bij 42 % lutum getekend, resp. bij 5,8 % (punt A) en 3,2 % (punt B) humus. Dit zijn de humusgehalten resp. van de verse Dollard- en Andijkerslikken, en van de Dollardgronden in de evenwichtstoestand.

Reeds uit deze figuur VI blijkt, dat de humusgehalten van de Zuiderzeeafzettingen in Oostelijk Flevoland het laagst liggen; die van de Wieringermeer weer lager dan die van de Noordoostpolder, terwijl het IJsselmeerslik duidelijk hogere humusgehalten vertoont dan de mariene afzettingen. Hoezeer ook het verband tussen de lutum- en humusgehalten van de vier groepen uit de lijnenfiguur VI moge blijken, het lijkt toch wel gewenst, dit verband nader in cijfers uit te drukken. Aangezien het humusgehalte met het lutumgehalte stijgt, moet dit verband bij overeenkomstige lutumgehalten worden nagegaan. Bij de keuze van deze overeenkomstige lutumgehalten zijn de lutumgehalten kleiner dan 10 % uit te schakelen: beneden de 10 % vertonen de lijnen een vrij sterke kromming. De keuze is gevallen op de lutumgehalten van 10 %, 20 %, 30 % en 35 %. Binnen deze gehalten liggen de voornaamste grondsoorten begrepen, de zavel- en de kleigronden (zie tabel 4).

Het cijfermateriaal van de gronden van de Dollard en de Andijker Proefpolder is uit tabel 2 genomen. De overige humusgehalten zijn uit de vier lijnen van figuur VI opgemaakt. Voor het lutumgehalte van 42 % van het IJsselmeerslik is het humusgehalte uit de lijn door extrapolatie getaxeerd en daarom tussen haakjes geplaatst.

Uit de cijfers van de vier laatste groepen (Wieringermeer, Noordoostpolder en Oostelijk Flevoland) blijkt een min of meer sterke daling van het humusgehalte van de lutumfractie bij stijging van het lutumgehalte op te treden. Dit is dan ook de reden, waarom een vergelijking bij overeenkomstige lutumgehalten moet plaats vinden.

In de eerste plaats valt het verschil tussen het IJsselmeerslik en de mariene afzettingen op. Voor zover het door extrapolatie berekende cijfer van het IJsselmeerslik bij 42 % lutum vertrouwen verdient, is het IJsselmeerslik zelfs humusrijker dan de Dollard- en Andijker Proefpolderslikken; bij 42 % bevatten deze gronden resp. 6,3 % en 5,8 % humus. Ook uit de ligging van het bovenste punt A bij 42 % lutum blijkt dit. Uit het feit, dat deze humusgehalten voor de drie slikken nagenoeg even hoog zijn, ware af te leiden, dat deze gehalten ongeveer het normale verband voor zeer jong slik aangeven[21]. Op de afbraak, die dit jonge slik na de afzetting ondergaat, wordt hierna bij de bespreking van de evenwichtstoestand teruggekomen.

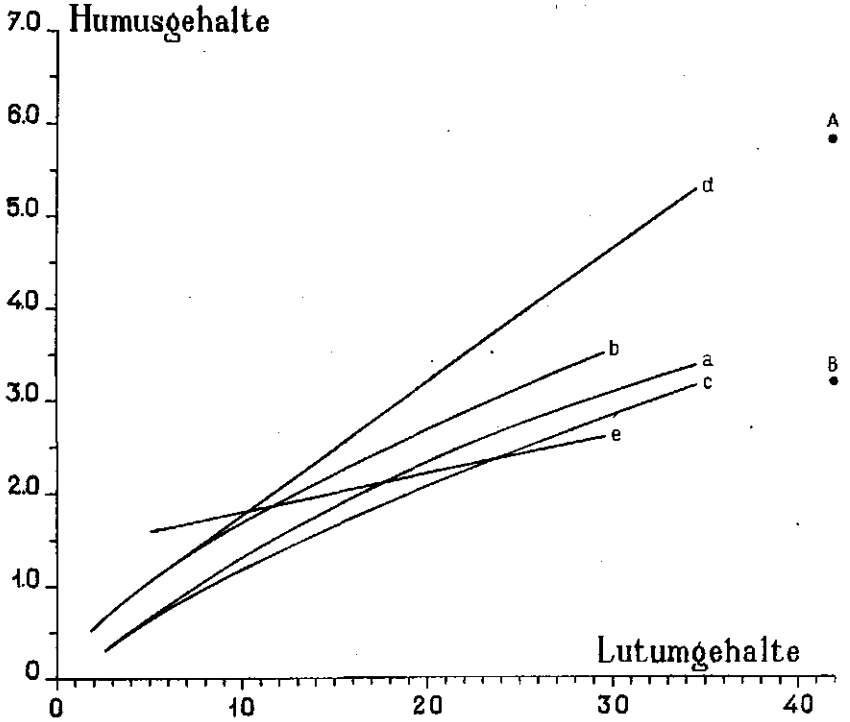

FIG. VI .Verband tussen humus- en lutumgehalte (in g per 100 g droge grond):
in oude zeeklei-wadafzettingen uit de Wieringermeer (lijn a),
in jonge Zuiderzee-diepwaterafzettingen uit de Noordoostpolder (lijn b),
in jonge Zuiderzee-diepwaterafzettingen uit Oostelijk Flevoland (lijn c),
in jonge IJsselmeer-diepwaterafzettingen uit Oostelijk Flevoland, IJsselmeerslik (lijn d),
in de evenwichtstoestand van oud marien bouwland (lijn e),
in het verse Dollard- en Andijker slik (punt A),
in de Dollardgronden in evenwichtstoestand (punt B).

Relation between Humus and Lutum Content (in gm. per 100 gms. of dry soil).
in old sea-clay tidal flat sediments in The Wieringermeer Polder (curve a),
in young Zuidersea deep-water sediments in the North-Eastern Polder (curve b),
in young Zuidersea deep-water sediments in East Flevoland (curve c),
in young Lake IJssel deep-water sediments in East Flevoland (Lake IJssel mud) (curve d),
under equilibrium conditions in old marine arable land (curve e),
in the fresh Dollard- and Andijk mud (point A),
in the Dollard soils under equilibrium conditions (point B).

TABEL 4. Humusgehalten op 100 g lutum (h/l) en stikstofgehalten op 100 g humus (N/h).

100 g grond (105° C) bevatten			g humus per 100 g lutum	g N in 100 g humus
g lutum	g humus	g stikstof		
	Dollardslik, resp. vers en nà 70 jaar			
42	5,8	0,327	13,8	5,6
42	3,2	0,209	7,6	6,6
	Slik Andijker Proefpolder, resp. vers en nà 8 jaar			
42	5,8	0,333	13,8	5,7
42	5,1	0,278	12,1	5,5
	Wieringermeer, oude wadgronden			
10	1,3		13,0	
20	2,3		11,6	
x [1]	2,39	0,139		5,8
30	3,1		10,3	
35	3,5		10,0	
	Noordoostpolder			
10	1,7		17,0	
20	2,7	0,130	13,5	4,8
30	3,6	0,180	12,0	5,0
	Oostelijk Flevoland Jonge Zuiderzee-diepwaterafzettingen			
10	1,2		12,0	
20	2,1	0,110	10,5	5,2
30	2,8	0,150	9,3	5,4
35	3,2		9,1	
	Oostelijk Flevoland Jonge IJsselmeer-diepwaterafzettingen (IJsselmeerslik)			
10	1,8		18,0	
20	3,2	0,18	16,0	5,6
30	4,6	0,26	15,3	5,7
35	5,3		15,1	
(42)	(6,3)		(15,0)	

[1] Voor dit cijfer zie blz. 9.

De humusgehalten van de oude wadafzettingen in de Wieringermeer liggen iets lager dan die van de gronden in de Noordoostpolder. Ook op dit punt wordt hierna teruggekomen. Het laagst zijn de humusgehalten van de Zuiderzee-afzettingen in Oostelijk Flevoland; bij 20 tot 30 % lutum liggen de verschillen in humusgehalten tussen de 0,4 en 0,6 %. Waarom in Oostelijk Flevoland lagere humusgehalten voorkomen dan in even zware gronden in de Noordoostpolder en de Wieringermeer, is niet te verklaren.

HET STIKSTOFGEHALTE VAN DE HUMUS (N/h).

Landbouwkundig gezien is het gehalte aan stikstof, dat de humus bevat, een belangrijke grootheid. Teneinde dus een indruk te verkrijgen over de stikstofbehoefte van de gronden bij het in cultuur nemen, dient er aandacht geschonken te worden, zowel aan het humusgehalte als aan het stikstofgehalte van de humus.

Het stikstofgehalte van de humus is in jonge mariene gronden een vrij constante grootheid. In de reeds aangehaalde nota van WIGGERS [20] komt een grafiek voor, die het verband weergeeft tussen stikstofgehalte en lutumgehalte voor de mariene bovengrond van de Noordoostpolder, de mariene bovengrond van Oostelijk Flevoland en het IJsselmeerslik in Oostelijk Flevoland. Uit deze grafiek zijn de gehalten aan stikstof opgemaakt voor de gehalten aan lutum van 20 % en 30 %. Uit tabel 4 zijn de gehalten aan humus voor deze lutumgehalten bekend. De zes humuscijfers en zes stikstofcijfers zijn mede in tabel 4 opgenomen, waaruit de gehalten aan stikstof van de humus berekend zijn. De meest betrouwbare cijfers voor de Wieringermeergronden zijn op blz. 9 medegedeeld. Het is gemiddeld 2,39 % humus en 0,139 % stikstof, wat een stikstofgehalte van de humus geeft van 5,8 %. Volgens tabel 4 komt dit humusgehalte bij een lutumgehalte van ongeveer 20 % voor. In tabel 4 zijn tevens de humus- en stikstofgehalten van de gronden uit de Dollard en de Andijker Proefpolder uit tabel 2 opgenomen.

Het stikstofgehalte van de humus van de Noordoostpoldergronden is niet hoog, van 4,8 % tot 5,0 %. Dan volgt de mariene grond uit Oostelijk Flevoland met 5,3 %, en daarnà de overige gronden met 5,6 %, 5,7 % en 5,8 %. Op de gehalten van de Dollardgronden nà 70 jaar (6,6 %) en van de Andijker Proefpolder wordt hieronder teruggekomen.

DE EVENWICHTSTOESTAND

Het mariene slik, waaruit de Dollardpolders en de Andijker Proefpolder zijn opgebouwd, bevatte — in verse toestand — op 100 g lutumfractie 13,8 g humus en op 100 g humus 5,6 à 5,7 g stikstof (N). Nà het in cultuur brengen nemen deze gehalten af; 70 jaar nà de indijking van de Dollardpolders was dit humusgehalte van 13,8 g gedaald tot 7,6 g (zie de twee

punten bij 42 % lutum in de lijnen-figuur VI); het stikstofgehalte van de humus was toen gestegen tot 6,6 % (Reiderwolderpolder).

In de loop van de volgende eeuwen ondergaan deze cijfers nagenoeg geen veranderingen. Bij de zware Dollardgronden met 42 % lutumfractie blijft het ca 7,6 g humus op 100 g lutum en ca 6,6 g stikstof op 100 g humus. Er is dan een evenwichtstoestand ingetreden tussen afbraak en opbouw van de organische stoffen in de grond.

Aanknopende aan de in de inleiding gegeven beschouwingen zou deze humus in de Dollardgronden passieve humus genoemd kunnen worden. Wel komt er jaarlijks door stalmest, vergane wortelresten, stro-afval, enz. iets organische stof bij, maar deze verteert blijkbaar snel; de 7,6 % humus, de passieve humus, blijft.

In deze evenwichtstoestand bij de zware Dollardgronden (42 % lutum) is het humusgehalte lager dan in de uitgangstoestand bij het verse mariene slik; 5,8 % tegen 3,2 % (zie de twee punten A en B van figuur VI).

Uit enkele cijfers[22] blijkt, dat deze evenwichtstoestand bij lagere lutumgehalten, zoals b.v. bij de lichte Zuiderzeegronden voorkomen, boven de uitgangstoestand van het verse mariene slik kan liggen. Dat wil dus zeggen, dat in deze lichte gronden het humusgehalte nà het in cultuur nemen zal stijgen. Het gaat hier om jonge zavelgronden, waarvan — zelfs bij gehalten aan afslibbare delen van 10 % tot 20 %, dat zijn gehalten van 7 % tot 14 % lutumfractie — het gemiddelde organische-stofgehalte ongeveer 2 % bedraagt. Bij de mariene slikgronden hier bedraagt dit gehalte bij hun afzetting slechts 1½ % en ook op de kwelder worden hogere organische-stofgehalten, bij dergelijke lage gehalten aan afslibbare delen, veelal niet bereikt. Bij dergelijke lage gehalten aan afslibbare delen vindt derhalve nà het in cultuur nemen geen daling, doch mogelijk zelfs een geringe stijging van het organische-stofgehalte plaats[22].

Het is nu de vraag, hoe de middelzware en zware ingepolderde Zuiderzeegronden zich zullen gedragen. In figuur VI is ook een lijn opgenomen (lijn *e*), opgemaakt aan de hand van een publicatie van WIGGERS[22], welke lijn betrekking heeft op het evenwichts-humusgehalte van oud marien bouwland. Hoewel deze lijn met een tamelijke onzekerheid is belast, krijgt men toch de indruk dat bij de middelzware Zuiderzeegronden het uitgangshumusgehalte niet ver van dat van de evenwichtstoestand verwijderd is. Betekent dit, dat er na het droogvallen geen verandering in het humusgehalte op zal treden? Dit staat zonder meer nog niet vast.

Het is opvallend, dat het humusgehalte van vers slik (Andijker-, Dollard- en IJsselmeerslik) hoger is dan dat van de toch altijd enkele eeuwen oude jonge Zuiderzee-afzettingen. Blijkbaar vindt er ook onder water afbraak van humus plaats. Doch het humusgehalte van de enkele duizenden jaren oude wadgronden uit de Wieringermeer en de jongere gronden uit de Noordoostpolder is ongeveer even hoog. Onder het nodige voorbehoud zou men geneigd zijn hieruit de conclusie te trekken, dat er op den duur een stilstand in de humusafzettingen van onder water staande gronden optreedt. Ik moge hier verwijzen naar een onderzoek van HARMSEN[23]. Uit verschillende proeven in de Andijker Proefpolder leidde HARMSEN af, dat de humus van

onder water gelegen gronden minder goed door bacteriën wordt afgebroken dan die van normale gronden, een inzicht, dat nog altijd gehuldigd wordt.

Deze onderzoekingen maken het wel waarschijnlijk, dat het gemakkelijk aantastbare deel van de Wieringermeer- en de Noordoostpolderhumus reeds vóór het in cultuur nemen verteerd is. Door de slechte toegankelijkheid van de overblijvende humus, waarop de onderzoekingen van HARMSEN wijzen, zou de jaarlijkse afbraak van deze overblijvende passieve humus, bij het in cultuur nemen, aanvankelijk zeer gering kunnen zijn. En waar het humusgehalte van een grond een evenwichtstoestand tussen vorming en afbraak van organische stof is, zou de consequentie kunnen zijn, dat in de eerste perioden van het in cultuur nemen door het stagneren van de humusafbraak geen afname, maar mogelijk zelfs een toename van het humusgehalte te verwachten is. Evenals bij de lichte gronden overtreft dan de vorming hier de afbraak van humus. Uiteraard is dit ook niet zonder invloed op de stikstofhuishouding van de grond.

Enige cijfers van onderzoekingen bij de zwaardere Noordoostpoldergronden (bij de Wieringermeer is het vraagstuk niet bestudeerd) ondersteunen deze veronderstellingen[24]. Op het proefveld bij Kraggenburg (met 17 % lutum) bleek het humusgehalte nà 10 jaar gestegen te zijn van 2,4 % tot 2,5 %. Dit verschil ligt binnen de foutengrens, doch afname is in ieder geval onwaarschijnlijk. ZUUR vermeldt ook cijfers van het waarnemingsterrein M 21 (20 % lutum), die ook niet op afname wijzen.

Uiteraard zijn al deze beschouwingen in hoge mate speculatief; pas de toekomst zal kunnen leren, in welke richting het humusgehalte van de middelzware Zuiderzeegronden zich beweegt.

SLOTOPMERKINGEN

Tegen het einde van 1951 kreeg ik van de Landbouwkundige Afdeling van de Noordoostpolderdirectie het verzoek, mijn materiaal over de humus- en stikstofcijfers van de Dollardpolders en de Andijker Proefpolder aan te vullen met dergelijke cijfers van de nieuwe Zuiderzeepolders. Ik heb mij toen bereid verklaard dit werk op mij te nemen. En dit heb ik des te eerder gedaan in verband met een zeer belangrijke opmerking, die ZUUR aan het slot van zijn inaugurele rede[25] maakte. ZUUR merkte op, dat nà het droogvallen van de Zuiderzeepolders de noodzakelijkheid van een goede ontwatering niet het enige is, waarin de jonge gronden zich ten aanzien van de cultuurmaatregelen van oudere onderscheiden. Het andere punt is de stikstofbehoefte, die veel groter is dan die van poldergronden in volle cultuur. Zonder toepassing van stikstofbemesting werden in de Wieringermeer en in de Noordoostpolder opbrengsten verkregen, die nog niet de helft bedroegen van de bij volledige bemesting behaalde. Zeer terecht stelt ZUUR de vraag, of de slechte resultaten, die aanvankelijk in de overige negentiende-eeuwse droogmakerijen zijn bereikt, ook niet gedeeltelijk op stikstofhonger berust hebben. Deze vraag sluit de wenselijkheid in van een onderzoek naar de gehalten aan humus en stikstof van de jonge Zuiderzeegronden. Voor de

Wieringermeer en de Noordoostpolder, en voor zover dit voor Oostelijk Flevoland thans reeds mogelijk was, is het beschikbare cijfermateriaal in deze nota verzameld.

Het ligt buiten het bestek van mijn werk, uit dit cijfermateriaal conclusies te trekken. Ik wil mij tot enkele opmerkingen bepalen.

Evenmin als de slikgronden van de Dollard en de Andijker Proefpolder bij het in cultuur nemen behoefte aan stikstofbemesting vertoonden, is van het IJsselmeerslik nà het droogvallen een directe behoefte aan een stikstofbemesting te verwachten.

Uit talrijke bemestingsproeven is de grote stikstofbehoefte van de Wieringermeer- en Noordoostpoldergronden gebleken. Uit het feit, dat het humusgehalte in de eigenlijke Zuiderzee-afzetting, die in het overgrote deel van Oostelijk Flevoland de bouwvoor vormt, lager is dan in de beide juist genoemde gebieden, mag afgeleid worden, dat de stikstofbehoefte van Oostelijk Flevoland, als geheel bezien, tijdens het ontginningsstadium zeker even hoog zal zijn als van de gronden uit de Noordoostpolder en de Wieringermeer.

Ik moge nog een tweede opmerking maken. Bij de talrijke proefnemingen van de Landbouwkundige Afdeling is de uitnemende werking van een groenbemesting op de algemene vruchtbaarheidstoestand van de jonge Zuiderzeegronden gebleken. En dit geldt mede ten opzichte van de structuur-verbeterende werking van de grond. In vele gevallen is een verhoging van het productievermogen van de grond nà groenbemesting geconstateerd. Bij het in cultuur nemen van de jonge Zuiderzeegronden speelt dan ook de groenbemesting een niet onbelangrijke rol.

Bij deze groenbemesting worden geregeld organische bestanddelen aan de grond toegevoegd, wat het humusgehalte verhoogt. Ook dit is een reden, om bij het in cultuur nemen van de ingepolderde Zuiderzeegronden, althans aanvankelijk, geen humusafname doch humustoename te verwachten.

Tenslotte wil het mij voorkomen, dat de drie organische-stofbedrijven in de Noordoostpolder, waar enkel kunstmest met organische bemesting vergeleken wordt, mede in staat zullen zijn om niet alleen déze vraag, maar ook tal van andere op het zo belangrijke humusstikstof-gebied te beantwoorden.

NOTEN.

[1] Waar deze verhandeling alleen betrekking heeft op de mariene stikstofafzettingen, kunnen hier de termen organische stof en humus, zonder verwarring te stichten, dooreengebruikt worden.

[2] In deze verhandeling wordt onder de fijnere minerale delen verstaan de deeltjes kleiner dan 0,016 mm diameter. In mijn vroegere publicaties heb ik deze deeltjes samengevat onder het verzamelwoord „kleisubstantie". Hier volg ik de thans in gebruik zijnde benaming: „slibfractie". In de slibfractie onderscheidt men twee subfracties, de sloeffractie (II), dat zijn de deeltjes van 16 mu—2 mu, en de lutumfractie (I), dat zijn de deeltjes kleiner dan 2 mu.

[3] A. J. ZUUR. Over de bodemkundige gesteldheid van de Wieringermeer. 's Gravenhage, 1936. Zie ook A. J. WIGGERS. De gehalten aan organische stof in Nederlandse gronden. *Landb.k. Tijdschr.*; *Juni 1950, blz. 460.* Hier zij ook verwezen naar de publicatie van A. N. SOKOLOVSKY. The problem of soil structure. *Transactions of the First Commission of the Intern. Society of Soil Science, Soviet Section.* Moscow U.S.S.R., 1933. Op blz. 47 haalt SOKOLOVSKY de volgende uitspraak van K. K. GEDROIZ aan: "a rather close connection between organic and alumina silicate absorbing complexes; it is possible that in soils both parts do not make a mechanical (or perhaps not only a mechanical) mixture, but something more intimate". Hier zij nog verwezen naar een verhandeling uit het jaar 1948: Complexes of clay with organic compounds. I Complex formation between montmorillonite and hallosite and certain organic liquids by D. M. C. MACEWAN; *Transactions of the Faraday Society, no. 306, Vol. XL IV, Part 6, June 1948.* Zie o. a. blz. 367: "The results obtained with the hallosite complexes provide direct confirmation of Bradley's suggestion (based on montmorillonite complexes) of CH-O bound formation to the oxygen layers of the clay mineral surface".

[4] Zie noot 3, blz. 46.

[5] Rondom het bemestingsbeleid door Prof. Dr A. C. SCHUFFELEN. Rede, uitgesproken te Wageningen, 28 October 1949.

[6] Het is zeer juist van SCHUFFELEN te spreken van een „zekere resistentie". SOKOLOVSKY (t.a.p. blz. 47) vermeldt, dat "his experiments proved that the passive humus recovers its "active" form under the influence of microbiological processes".

[7] Zie o. a. de publicaties in de noten 3 en 5. Verder de Russische bodemkundige WILLIAM. WILLIAM overleed 11 November 1939 in de ouderdom van 76 jaar. Voor een uitvoerig levensbericht zie o. a.: Official Communications of the Intern. Society of Soil Science, Vol. II, 1940, blz. 35—36. Hiertegenover hoort men hoe langer hoe meer in de laatste jaren de opvatting, dat, althans in ons klimaat, de instabiele humus (tussenproducten bij de afbraak van plantenresten) de kittende werking zou veroorzaken, die één van de oorzaken is van een goede structuur.

[8] De sterke binding van de kleisubstantie en de humus speelt mede een rol bij het granulair grondonderzoek. Vóórdat tot splitsing van de minerale fracties kan worden overgegaan, dient de humus door behandeling met waterstofsuperoxyde verwijderd te worden.

[9] De bodemkundige gesteldheid van de achtereenvolgens ingedijkte Dollardpolders. Bijdrage tot de kennis van het verouderingsproces van de zware kleigronden, door Dr. D. J. HISSINK; *V.L.O.R., n°. 41, B 1935, blz. 47—172.* *

[10] In de Dollardpublicatie (noot 9)me kon geen afzonderlijke gehalten van fractie I en fractie II voor. Bij enige andere onderzoekingen is voor het gemiddelde van deze volmariene kleigronden 70 % lutum in de slibfractie gevonden.

---

* V.L.O.R. = Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen der Rijkslandbouwproefstations.

[11] Deze cijfers hebben betrekking op de Reiderwolderpolder, ingedijkt in 1862 en bemonsterd in 1932. Zie publ. noot 9, tabel II, blz. 138.

[12] De vraag is gesteld, of dit wel zeker is en of er ook geen sprake zou kunnen zijn van afbraak van N-arme koolstofverbindingen en opbouw van N-rijkere.

[13] Mededelingen van de Commissie van Advies omtrent de landbouwtechnische aangelegenheden betreffende de proefpolder nabij Andijk. Blauwboek no. I Rapporten met betrekking tot de bodemgesteldheid van de Wieringermeer en van de Andijker Proefpolder, 1929. De bodemkundige gesteldheid van de Andijker Proefpolder in het jaar 1927—1928, door Dr. D. J. HISSINK, blz. 81—171.

[14] De humusgehalten van de Andijker slikgronden zijn in 1928/'29 op een onjuiste wijze bepaald (zie noot 13, blz. 95). De cijfers aldaar in tabel X, blz. 154/155 zijn foutief. In 1932 is in een publicatie van Dr. D. J. HISSINK en Ir. C. SPITHOST op deze fout gewezen: Humusgehalten in verschillende typen grond, bij aanwending van de verschillende methoden verkregen. *V.L.O.R., no. 38 B. (1932), blz. 45—64.* In deze publicatie zijn ook de juiste humuscijfers, volgens de elementair-analyse, van het verse Andijker slik in 1927 en nà 4 jaar, in 1931, opgenomen. Ook de berekeningen van het gehalte aan stikstof op 100 g humus en de daaruit getrokken conclusies op blz. 163 van publicatie (13) dienen geschrapt te worden.

[15] Het onderzoek werd uitgevoerd aan het Bodemkundig Instituut, Groningen.

[16] Een mededeling over deze resultaten werd gegeven op 20 Januari 1938 in de vergadering van de Landbouwkundige Afdeling van de Wieringermeerdirectie te Zwolle.

[17] Zie de notulen van de vergadering van de Landbouwkundige Afdeling, gehouden te Zwolle op 15 April 1943 over: Het humus- en stikstofgehalte van het slik in de Andijker Proefpolder, door Dr. A. J. ZUUR.

[18] Zie noot 14, blz. 56—57.

[19] Het gehalte aan stikstof (N) van enige Nederlandse cultuurgronden en van de nieuwe Zuiderzeegronden, door Dr D. J. HISSINK en Ir C. SPITHOST, *V.L.O.R., 1932, no. 38 B. blz. 105—110.* In deze publicatie is ook opgenomen een monster vrij jonge zeekleigrond uit de Y-polder. Deze bevatte 5,6 % humus en 0,320 % stikstof; d.i. N op 100 g humus = 5,7. In de toen nog zeer jonge grond van de Y-polder vond VAN BEMMELEN een humusgehalte van 5,2 % en een stikstofgehalte van 0,3 %; d.i. N op 100 g humus = 5,8 %.

[20] Over de bodemgesteldheid van Oostelijk Flevoland door Drs A. J. WIGGERS, Kampen 1953, Deel I, blz. 40 (zie ook fig. 4*b*). In de hier volgende bladzijden is op verschillende plaatsen een dankbaar gebruik gemaakt van WIGGERS' nota (Deel I en II), zonder dit telkens te vermelden.

[21] Op een commissie-vergadering van de Int. Bodemk. Vereniging in 1933 in Kopenhagen, waar ik de cijfers van de Dollard- en Andijker-slikken mededeelde, maakte WAKSMAN de opmerking, dat dergelijke cijfers voor humus- en stikstofgehalten ook in slikken aan de Oostkust van Noord-Amerika gevonden waren.

[22] De gehalten aan organische stof in Nederlandse gronden door Drs. A. J. WIGGERS, Groningen; *Landb.k. Tijdschrift, 62e Jrg. no. 6, Juni 1950, blz. 464.*

[23] Blauwboek II: Rapporten Andijker Proefpolder gedurende de eerste vier cultuurjaren. 's Gravenhage, 1932; blz. 317 e. v.

[24] Karteerderscursus door Dr A. J. ZUUR. Bodemkunde van het Zuiderzeegebied. Het humus- en stikstofgehalte der Zuiderzeegronden, blz. 12.

[25] Rede, uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van buitengewoon hoogleraar in het in cultuur brengen van drooggevallen gronden aan de Landbouwhogeschool (Wageningen) op 30 November 1951, door Dr. A. J. ZUUR.

SAMENVATTING

De humus is een belangrijk bestanddeel van de grond. Zij speelt een grote rol bij de bodemstructuur, terwijl verder de stikstofhuishouding van de grond verband houdt met de humushuishouding.

In deze verhandeling wordt het humus- en stikstofgehalte besproken van een aantal afzettingen, die bij de drooglegging van de Zuiderzee in cultuur genomen werden. Het zijn:

1. Het slik van de Andijker Proefpolder, een kleine polder in het Noordwesten van de Zuiderzee. Dit is een zeer recent slik, met ongeveer 40 % lutum (deeltjes kleiner dan 2 mu), dat tijdens het maken van de dijk voor de inpoldering ter plaatse uit zout water is bezonken.

2. De klei uit de Wieringermeer, de noordwestelijke der Zuiderzeedroogmakerijen. Dit is de z.g. oude zeeklei, een afzetting met uiteenlopend lutumgehalte, ongeveer 4500 jaar voor Christus, toen de zeestand veel lager was, ter plaatse uit brak water bezonken. Deze afzetting komt in 2 facies voor: een gedeelte is op een relatief hoog niveau afgezet en was tijdens de afzetting met riet begroeid (kwelderafzetting). De rest is op een veel lager niveau gesedimenteerd en was vrijwel onbegroeid (wadafzetting).

3. Het slik van de Noordoostpolder, de noordoostelijke der Zuiderzeedroogmakerijen. Dit is een slik, in de laatste 200 jaar ter plaatse uit de nog brakke Zuiderzee bezonken; het lutumgehalte van deze afzetting loopt uiteen.

4. Het slik van Oostelijk Flevoland, de oostelijke der Zuiderzeedroogmakerijen. Dit is hetzelfde slik als dat van de Noordoostpolder, doch het is dieper in de kom van de Zuiderzee bezonken.

5. Het IJsselmeerslik. Dit is een zeer recente afzetting, plaatselijk op het slik van Oostelijk Flevoland afgezet, nadat de Zuiderzee was afgesloten en het water verzoet.

6. Voor vergelijking zijn ook nog gegevens opgenomen van het slik, dat op het ogenblik nog voor de Dollard (aan de Noordkust van Nederland) uit zout water bezinkt. Dit slik bevat ongeveer 40 % lutum.

Bij de meeste van deze afzettingen blijkt er een tamelijk nauw verband te bestaan tussen lutum- en humusgehalte (fig. I t/m V). Dit verband is soms rechtlijnig, doch meestal iets gekromd. Het verband is het nauwste bij de echte slikafzettingen. Bij de kwelderafzettingen van de oude zeeklei is nauwelijks van enig verband sprake. Vermoedelijk is er ook bij het slik, dat op de kwelders van de oude zeeklei werd afgezet, primair wel een verband geweest, doch twee uiteenlopende processen (humusophoping als gevolg van de plantengroei; humusafbraak door de ligging boven water) hebben dit verband verbroken. Blijkbaar overwoog soms het ene proces, dan weer het andere.

De verschillende curven zijn verzameld in figuur VI. Hieruit blijkt, dat de zeer recente afzettingen (slik Andijker Proefpolder, Dollard slik, IJsselmeerslik lijn d en punt A) het hoogste humusgehalte hebben; men is geneigd om aan te nemen dat het humusgehalte van vers slik hoog is en dat bij de oude slikken

na de afzetting een anaerobe humusafbraak plaats heeft gevonden. Op de duur komt die dan vermoedelijk tot stilstand; het humusgehalte van de oude zeekleiwadafzettingen (4500 jaar geleden afgezet) is van dezelfde orde als van het slechts enkele honderden jaren oude Noordoostpolderslik.

Ook bij oudere Nederlandse mariene bouwland blijkt er een verband te bestaan tussen humus- en lutumgehalte (lijn e in figuur VI). Het feit, dat men bij een zelfde lutumgehalte steeds ongeveer hetzelfde humusgehalte vindt, wijst er op, dat men in deze gronden te maken heeft met een evenwichtstoestand tussen humusvorming (uit de wortel- en stoppelresten) en humusafbraak, die onder invloed staat van het lutumgehalte.

Het evenwichtshumusgehalte bij lutumarme grond is hoger dan het primaire. Men ziet dan ook inderdaad, dat na de indijking bij jonge lutumarme gronden het humusgehalte toeneemt. Bij de zeer recente zwaardere slikken is het primaire humusgehalte daarentegen aanmerkelijk hoger dan het evenwichtshumusgehalte. Hier vindt na het droogvallen humusafbraak plaats. Tabel 2 geeft hierover enkele cijfers. Bij de humusafbraak komt stikstof vrij; men ziet dan ook dat deze gronden aanvankelijk een lagere stikstofbemesting dan oudere overeenkomstige gronden vragen.

Ook bij de minder recente zwaardere afzettingen ligt het primaire humusgehalte boven dat van de evenwichtstoestand. Ook hier zou men dus een afname van het humusgehalte en een geringe stikstofbehoefte verwachten. Hiervan is weinig te merken; het tegendeel. Vermoedelijk is door de anaerobe afbraak onder water het gemakkelijkst aantastbare deel van de humus al afgebroken; de rest is weinig toegankelijk voor microbiologische afbraak. Men zou deze gronden dus biologisch zelfs als humusarme kunnen beschouwen en dus kunnen aannemen, dat weliswaar niet hun totale, doch hun biologisch waardevol humusgehalte althans aanvankelijk beneden de evenwichtswaarde ligt. Er zijn inderdaad enige aanwijzingen, dat in dit soort gronden het humusgehalte na het droogvallen aanvankelijk toeneemt, terwijl ook de grote stikstofbehoefte dezer gronden aldus verklaard zou kunnen worden.

Bij dit onderzoek is ook het stikstofgehalte van de humus bepaald. In het slik van Oostelijk Flevoland bedroeg het $\pm$ 4.9 %, in het slik van de Noordoostpolder $\pm$ 5.3 %, in de overige gronden $\pm$ 5.7 %. In de evenwichtstoestand is het stikstofgehalte hoger van de humus, nl. $\pm$ 6.6 %.

SUMMARY

The humus and nitrogen content of reclaimed soils in the former Zuidersea basin.

Humus forms an important component of the soil. It takes an outstanding part in the expression of soil structure phenomena; in addition the nitrogen economy of the soil is closely connected with its organic matter characteristics.

In this publication a discussion is given of the humus- and nitrogen content of some sediments, reclaimed from the former Zuidersea basin.

These sediments are:

1. the mud of the Experimental Polder of Andijk, a small reclamation district in the north-western part of the Zuidersea. This mud has a lutum content (particles smaller than 2 mu) of 41 %. It settled quite recently, viz. in salt water during the period of construction of the surrounding dam.

2. the clay of the Wieringermeer, the north-western reclamation district in the Zuidersea. This clay is a so-called old-seaclay and was formed in brackish water at about 4500 years B.C., when the sea level was considerably lower than ist actual height. The lutum content of this clay varies considerably. In this sedimentary material 2 facies can be distinguished: one formed at relatively speaking high places, during the sedimentation process covered with a Phragmites vegetation (kwelder-formation; „kwelder" indicates off-shore land only flooded at high tide). The other facies hardly carried any vegetation at all and was formed at a much lower level.

3. the mud of the North-Eastern Polder, the north-eastern reclamation district in the Zuidersea. During the last 200 years this material settled in the brackish Zuidersea basin. The lutum content of this sediment is variable.

4. The mud of East Flevoland, the eastern reclamation district in the Zuidersea. This silt possesses the same characteristics as that of the North-Eastern Polder, however it became deposited more southward in the Zuidersea basin.

5. The mud of Lake IJssel. This constitutes a very recent sediment, deposited locally on top of the mud of East Flevoland, after the embanking of the Zuidersea and freshening of its waters.

6. For comparative purposes some data have been included on the mud which is still in the process of becoming deposited in the salt water of the Dollard (along the dutch north coast).The lutum content of this mud amounts to about 40 %.

In most of these sediments a rather close correlation appears to exist between their lutum- and humus content. (Fig. I—V incl.). Sometimes this relationship is a rectilinear one but generally a slight curvature can be noticed. The correlation is most pronounced in real tidal land deposits.

In the case of the kwelder-sediments of the old seaclay period, hardly any correlation can be noticed. Presumably also this mud, which was deposited upon

the kwelders of the old sea-clay, initially has known this correlation, however two distinctive processes have interfered with this relationship: humus accumulation due to a developing vegetation, and humus decomposition due to a situation above the water level. Apparently depending upon the location of the area, either one of the two processes could dominate the other.

The various curves are assembled in fig. VI. From this we see that the very recent deposits (mud of Experimental Polder Andijk, of the Dollard, of Lake IJssel; curve d and point A) possess a higher humus content than the other ones. One is inclined to think that originally during the process of sedimentation the humus content of these older muds have been higher and that after the sedimentation an anaerobic decomposition of the humus has taken place. In the long run this decomposition presumably comes to a standstill; the humus content of the old sea-clay-tidal flat sediments (deposited about 4500 years ago) is of the same order as that of the mud of the North-Eastern Polder, which is only some hundred years old.

Also in older dutch arable land of marine origin a relation appears to be present between humus- and lutum-content (curve *e* in fig. VI). The phenomenon observed in these older soils, that a given lutum content always corresponds to approximately the same humus content, indicates that in these soils an equilibrium exists between humus formation (from root- and stubble remainders) and humus decomposition, and that this equilibrium is influenced by the lutum content of the material.

In soils poor in lutum the humus content under equilibrium conditions is higher than that initially present. Indeed after embanking in soils poor in lutum one can notice an increase in the humus content.

In very recent heavy muds, however, the initial humus content is considerably higher than the equilibrium content. In this case after reclamation a decomposition of humus takes place. In Table 2 some data are given bearing on this phenomenon. In the process of humus decomposition Nitrogen is liberated; consequently initially these soils are observed to require a lower N dressing than older corresponding soils.

Also in less recently deposited heavy sediments the initial humus content is higher than the equilibrium humus percentage. In this case too one would expect a decrease in the humus content and a low Nitrogen requirement. Nothing of this kind can be observed, however, rather the reverse condition exists. Presumably due to the anaerobic sub-water decomposition the most easily decomposable part of the humus has been broken down already; the remainder is not easily subject to a microbiological decomposition. From a biological point of view one could even consider these soils as being poor in humus. Consequently one could accept that initially although not their total, still their biologically important humus content was under the equilibrium value. Indeed there are some indications that in these soils after reclamation the humus content increases a little, while also the higher Nitrogen-requirement of these soils can be explained correspondingly.

In these investigations also the Nitrogen-content of the humus has been determined. In the mud of East Flevoland this value amounted to approximately 4.9 %; in the mud of the North-Eastern Polder to about 5.3 % and in the other soils to about 5.7 %. Under equilibrium conditions the N-content of the humus increases to about 6.6 %.

INHOUD

	Blz.
Inleiding	3
De achtereenvolgens ingedijkte Dollardpolders	4
De Andijker Proefpolder	4
Afname van de humus- en stikstofgehalten	7
De Wieringermeer	9
De Noordoostpolder	13
Oostelijk Flevoland	14
Samenhang tussen het lutumgehalte en het humusgehalte	17
Het stikstofgehalte van de humus (N/h)	20
De evenwichtstoestand	20
Slotopmerkingen	22
Noten	24
Samenvatting	26
Summary	28