388398

DE BODEM VAN FRIESLAND

In deze reeks verschijnen toelichtingen bij de in 1961 gepubliceerde Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000:

DE BODEM VAN NEDERLAND, toelichting bij de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000. Samengesteld door de Stichting voor Bodemkartering. 1965.

DE BODEM VAN GRONINGEN, toelichting bij blad 1 van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000, door Dr. Ir. L. A. H. de Smet. 1965.

DE BODEM VAN FRIESLAND, toelichting bij blad 2 van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000, door Ir. J. Cnossen. 1971.

DE BODEM VAN DRENTE, toelichting bij blad 1 van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000, door Ir. B. van Heuveln. 1965.

DE BODEM VAN OVERIJSSEL, DE NOORDOOSTPOLDER EN OOSTELIJK FLEVOLAND, toelichting bij blad 3 van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000, door Dr. Ir. P. Ente, Dr. Ir. J. C. F. M. Haans en Ir. M. Knibbe. 1965.

DE BODEM VAN GELDERLAND, toelichting bij blad 4 van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000, door Ir. J. C. Pape, I.v.

DE BODEM VAN UTRECHT, toelichting bij blad 6 van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000, door Ir. J. N. B. Poelman. 1966.

DE BODEM VAN NOORDHOLLAND, toelichting bij blad 5 van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000, door Prof. Dr. Ir. L. J. Pons. I.v.

DE BODEM VAN ZUID-HOLLAND, toelichting bij blad 6 van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000, door Ir. C. van Wallenburg. 1966.

DE BODEM VAN ZEELAND, toelichting bij blad 7 van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000, door Ir. P. van der Sluijs, Ir. G. G. L. Steur en I. Ovaa. 1965.

DE BODEM VAN NOORDBRABANT, toelichting bij blad 8 van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000, door Dr. Ir. D. van Diepen. 1968.

DE BODEM VAN LIMBURG, toelichting bij blad 9 van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000, door Ir. J. M. M. van den Broek. 1966.

De benaming van de gronden in deze toelichtingen sluit aan bij de indeling, gebruikt in de legenda van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000. In 1966 is een publikatie verschenen over het sinds het gereedkomen van genoemde kaart ontwikkelde systeem van bodemclassificatie en de daarbij behorende namen. De op deze bodemclassificatie gebaseerde nieuwe legenda wordt thans reeds algemeen gebruikt op de nieuwere bodemkaarten.

ISBN 90 220 0359 0

VERZORGING VAN DE UITGAVE: CENTRUM VOOR LANDBOUWPUBLIKATIES EN LANBOUWDOCUMENTATIE, WAGENINGEN.
DRUK: N.V. NOORD-NEDERLANDSE DRUKKERIJ, MEPPEL.

DE BODEM VAN FRIESLAND

TOELICHTING BIJ BLAD 2 VAN DE
BODEMKAART VAN NEDERLAND
SCHAAL 1 : 200 000

door

IR. J. CNOSSEN

R 946
4
met 4
kaarten bijl.

LANDBOUW-ECONOMISCH INSTITUUT
DEN HAAG
23 AUG. 1971
BIBLIOTHEEK

STICHTING VOOR BODEMKARTERING
WAGENINGEN, 1971

Inhoud

WOORD VOORAF IX

HOOFDSTUK I
GEOLOGIE

I HET HOLSTEIN INTERGLACIAAL (NEEDIEN) 1
II DE RISSIJSTIJD 3
De stuwing van de ondergrond 5
De afzetting van sedimenten 6
III HET EEMIEN 8
IV DE WÜRMIJSTIJD 9
V HET HOLOCEEN 10

HOOFDSTUK II
BODEM EN LANDSCHAP

I DE ZANDGRONDEN 13
De beekdalen 15
De dobben 17
De verschillende afzettingen 19
Het proglaciale zand 19
De potklei 19
De keileem 20
Het keizand 21
Het dekzand 21
Het veen 23
Het stuifzand 25
Het spoelzand 26
De bewonings- en ontginningsgeschiedenis der zandgronden 27
De oude ontginningen 29
De veenontginningen 33
De jonge ontginningen 36
De moderne ontginningen 37
II DE VEENGRONDEN 37
De verschillende veensoorten 38
Dikte en ouderdom van het veen 38
Invloeden van de zee 39
De zee-invloeden vóór ca. 500 jaar voor Chr. 39
De zee-invloeden na ca. 500 jaar voor Chr. 40
De meren 40
Bewoning 42
De vervening 46
Het schalterverschijnsel 50
De hydrologie 51

III De kleigronden 55
De afzetting 55
De oudere getijdenafzettingen 58
De jongere getijdenafzettingen 59
De Westfriese afzettingen (ca. 2300–1250 j. v. Chr.) 59
De preromeinse afzettingen (ca. 300 v.–50 j. na Chr.) 61
De postromeinse afzettingen (ca. 300–800) 62
De laat-Middeleeuwse afzettingen (ca. 1000–1400) 62
De kleiwinning 66
Het bodemgebruik 67

HOOFDSTUK III
DE LEGENDA

I De indeling van de legenda 69
De niveaus van indeling 69
De indeling per niveau 69
II De kaarteenheden 71
III Koolzure-kalkgehalte 72
IV Organische stof, humusklassen, dikte van de humushoudende bovengrond en kwaliteit van de humus 75
Dikte van de humushoudende bovengrond 76
Eigenschappen van de organische stof van de bovengrond 76
Kleur van de humus 76
Koolstof/stikstofverhouding 76
V De indeling in textuurklassen 77
VI Profielverloop 77
VII Horizontbenaming 78
VIII De vochthuishouding 80

HOOFDSTUK IV
BODEMVORMING

I Bodemvorming in kleigronden 83
II Bodemvorming in veengronden 86
III Bodemvorming in zandgronden 87

HOOFDSTUK V
BESCHRIJVING VAN DE KAARTEENHEDEN

I De zeekleigronden 89
De buitendijkse gronden 89
De jonge zeekleigronden 90
De kalkrijke en kalkhoudende jonge zeekleigronden 91
De ondiep kalkarme jonge zeekleigronden 95
De diep kalkarme jonge zeekleigronden 100
II De veengronden 108
III De zandgronden 114
IV De algemene onderscheidingen 125

LIJST VAN FIGUREN 127

LITERATUUR 129

Bijlage 1. De oppervlakten, ingenomen door de kaarteenheden en toevoegingen in de provincie Friesland
Bijlage 2. Pollendiagrammen

De „pompeblêdden" *(Foto J. D. de Jong)*

Woord vooraf

In 1961 verscheen de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000. Deze kaart bestaat uit negen kaartbladen en een legenda-blad. De provincie Friesland staat op blad 2.

De voornaamste aanleiding voor de opname van deze kaart was het werk dat de Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland (COLN) verrichtte. Voor dit onderzoek was het van belang te kunnen beschikken over bodemkundige gegevens.

Reeds voor het gereedkomen van deze kaart bleek bij vele provinciale instanties en diensten een grote belangstelling te bestaan voor de resultaten van deze bodemkundige inventarisering.

Naast de toelichting bij de gehele kaart, die werd uitgegeven in 1965 onder de titel „De bodem van Nederland", geeft dit boek een meer op de bodemgesteldheid van de provincie Friesland gerichte beschrijving.

Het veldwerk in Friesland werd in 1953 verricht door W. Heijink, J. A. van den Hurk Ing. en J. J. Vleeshouwer Ing., aanvankelijk onder leiding van Dr. Ir. J. S. Veenenbos, later overgenomen en voltooid door Ir. J. Cnossen.

Het doel van dit boek is de gebruiker van kaartblad 2 wegwijs te maken in de veelheid van onderscheidingen en hem te informeren over de verbreiding, de onderlinge samenhang en de landbouwkundige betekenis van de gronden, kortom over datgene wat niet op de kaart kan staan, maar wel bij de kartering werd verzameld.

In hoofdstuk I werden kritische opmerkingen van Prof. Dr. G. C. Maarleveld en in hoofdstuk II van Drs. M. W. ter Wee verwerkt.

De redactie werd verzorgd door J. C. van den Top.

Najaar 1967

De directeur van de
Stichting voor Bodemkartering
Dr. Ir. F. W. G. Pijls

„In 't verleden ligt het heden,
in het nu wat worden zal"

Willem Bilderdijk
(1756–1831)

Geologie

Dit hoofdstuk geeft een globaal overzicht van de voor Friesland van belang geachte geologische perioden en afzettingen. Het beperkt zich tot de „oudere" en meestal dieper liggende sedimenten. De recentere en aan de oppervlakte voorkomende afzettingen worden in hoofdstuk II, te zamen met het landschap en de invloed van de mens, uitvoeriger behandeld.

De Bodemkaart van Friesland laat drie sterk verschillende landschappen zien:
a het landschap van de kleigronden
b het landschap van de veengronden (het Lage Midden)
c het landschap van de zandgronden (Friese Wouden, Gaasterland).
Deze landschappen kan men ook onderscheiden in het beeld van de hoogtekaart: a is dan van NAP tot 1 m boven NAP, b lager dan NAP en c van 1 tot 15 m boven NAP (fig. 1).
Nu rijzen vragen als: hoe is dit ontstaan? Waarom bestaat de oostkant van Friesland uit zandgronden, het westen en noorden uit kleigronden en het midden uit veengronden? Waarom is deze volgorde niet omgekeerd? Het antwoord heeft lang in de schemer van het verre verleden gelegen. Door de recente studies van de diepere lagen door de Rijks Geologische Dienst en die van de bovenste lagen door de Stichting voor Bodemkartering zijn echter vele interessante gegevens verzameld, waarmee een verhelderend antwoord op deze vragen is te geven.
Afgezien van invloeden uit vroegere perioden mogen we wel stellen, dat de bodem van Friesland, in zijn huidige verscheidenheid naar grondsoort en topografie, tijdens het Pleistoceen en het Holoceen is ontstaan. Tabel 1 geeft een globaal overzicht van de indeling van het jongste geologische tijdperk, het Kwartair.

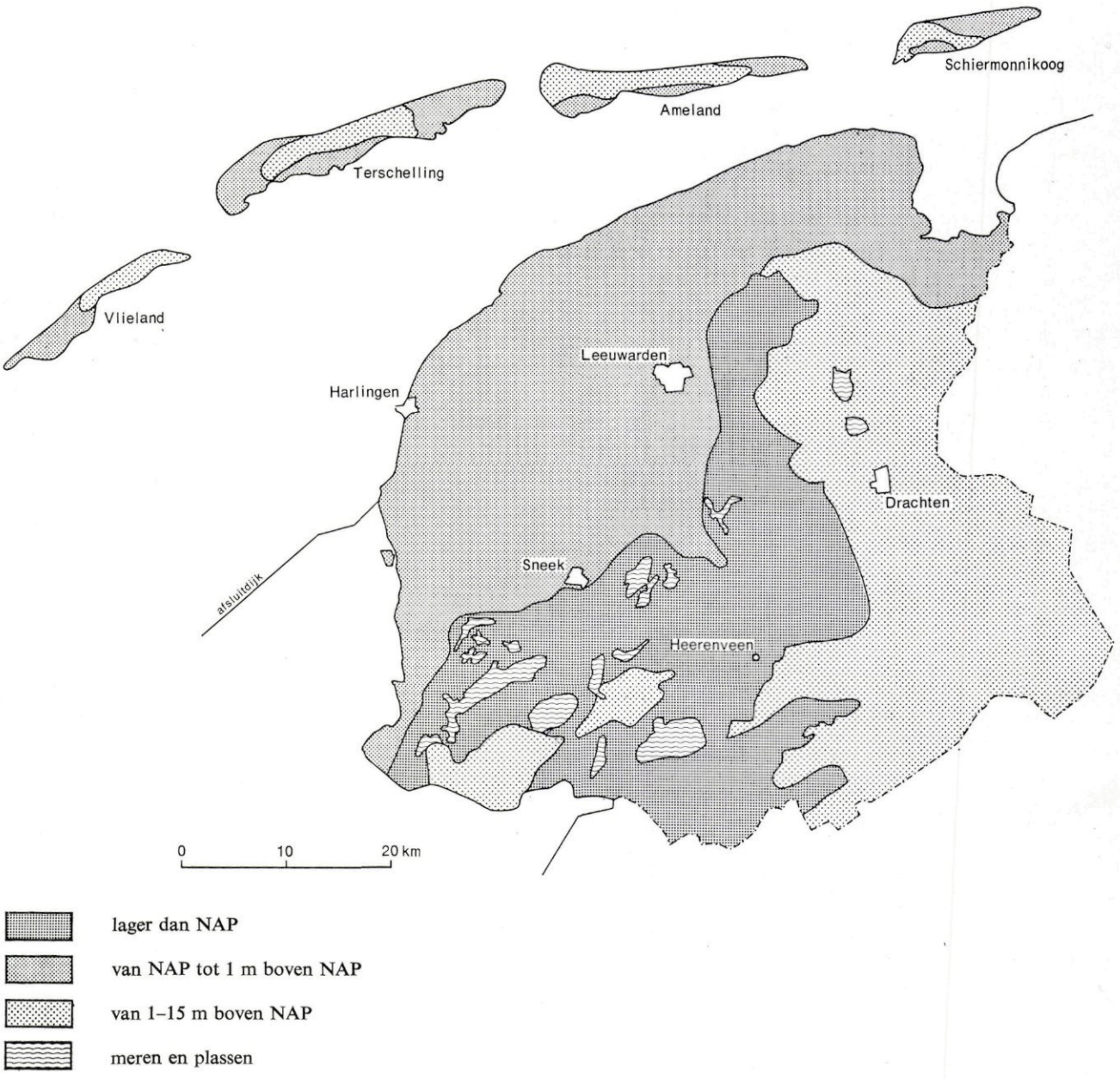
I HET HOLSTEIN INTERGLACIAAL (NEEDIEN)

Voordat het noorden van Nederland in de Rissijstijd door het ijs werd bedekt, stroomden de Rijn en de Maas in noordelijke richting naar de Noordzee[1] (fig. 2). In deze warme periode, het Holstein interglaciaal (de periode tussen de Mindel- en de Rissijstijd), werden grote hoeveelheden smeltwater van de Alpengletschers afgevoerd. Dit ging met een uitgebreid transport van geërodeerd materiaal, zoals grind, zand en klei gepaard.
Friesland maakte in die tijd deel uit van de delta van de Rijn en van de Maas. Dat vooral de Rijn een grote invloed heeft gehad, bleek zeer duidelijk uit grindonderzoek, waarbij een hoog percentage *zuidelijke* componenten o.a. melkkwarts werd herkend (Maarleveld, 1956; Zonneveld, 1958; Zandstra, 1959).
Opmerkelijk is, dat uit de tot dusver verzamelde gegevens (Ter Wee, 1962b) blijkt dat de Rijnbedding aan de west-

[1] Volgens Ter Wee (1962b) stroomde de Rijn toen door het huidige IJsseldal, naar het noorden. De Maas stroomde door de Geldersche Vallei. Behalve zand en grind werden ook kleien afgezet. In een diepe boring bij Bantega werd tussen 12 en 20 m —NAP een kleilaag uit deze Rijnperiode aangetroffen en bij Oudega één tussen 30 en 33 m —NAP. Noordelijker is deze kleilaag ook aanwezig, maar heeft dan een mariene invloed van de Holsteinzee. In het noorden van Friesland is deze klei geheel van mariene oorsprong. Ook Cnossen & Zandstra (1965, tabel 5) vonden bij Luxwoude tussen 22,50 en 26 m —NAP, materiaal dat volgens de analyse van de grindassociaties gedetermineerd kon worden als Rijnmateriaal.

kant van de Friese Wouden moet hebben gelegen (fig. 2). Ook kon worden vastgesteld, dat alleen aan de westoever van de Rijn klei is afgezet – zoals o.a. blijkt uit de boringen bij Bantega en Oudega – en aan de oostkant alleen zand en grind (fig. 2). Dit asymmetrisch sedimentatiepatroon en de geringe Rijninvloed in noordoostelijke richting zouden verband kunnen houden met de toen reeds hogere ligging van het gebied dat nu de Friese Wouden heet en van het Drentse plateau. Het is zeer wel mogelijk, dat deze hogere ligging veroorzaakt werd door de aanwezigheid van een stuwmorene uit de Mindelijstijd (mondelinge mededeling van Drs. M. W. ter Wee).

Fig. 1. Hoogtekaart van Friesland, behoudens de buitendijkse gebieden.



Tabel 1. Indeling van het jongste geologische tijdperk, het Kwartair, met de voor Friesland belangrijkste afzettingen (naar diverse auteurs, o.a. Stichting voor Bodemkartering, 1965)

					jaren v. Chr.	*veen*	*afzettingen door*			
							zee	*wind*	*ijs*	*rivieren*
HOLOCEEN				Subatlanticum	700	op de zandgronden algemeen	Jonge zeeklei	Jong stuifzand		
				Subboreaal	3 000		Oude kwelder			
				Atlanticum	5 500	algemeen				
				Boreaal	7 500	algemeen		lokale verstuivingen		
				Preboreaal	8 100			Jonger dekzand II		
PLEISTOCEEN	Jong	Würmijstijd	Laat-Glaciaal	Jonge Dryastijd	8 900			Jonger dekzand II		
				Allerødtijd	9 800	veenlaagjes				
				Oudere Dryastijd	10 400			Jonger dekzand I		
				Bøllingtijd	11 300					
			Pleni-glaciaal	B				Ouder dekzand		
			Vroeg-Glaciaal	A						
		Eemien			*100 000*		*Eemzee*			
	Midden	Rissijstijd			200 000				Keileem	
		Holstein-interglaciaal (Needien)					Holstein-zee			Rijn en Maas
		Mindelijstijd							Potklei	Elbe en Weser
	Oud	Cromerien Günzijstijd			1 000 000					

II DE RISSIJSTIJD[1]

Na verloop van tijd verslechterde het klimaat. Langzamerhand kwam Friesland onder invloed van een nieuwe ijstijd: de Rissijstijd. Afwijkend van eerdere veronderstellingen is uit onderzoekingen (van Maarleveld, 1953 en Ter Wee, 1962b) gebleken dat in deze ijstijd vijf perioden zijn te onderscheiden, elk gekenmerkt door het bijbehorende stuwwallencomplex en de grondmorene. Ook is uit deze onderzoekingen aan de dag gekomen, dat gletschertongen in iedere periode van ijsuitbreiding vaak grote opstuwingen van de ondergrond veroorzaakten.
Een ander nieuw aspect uit de genoemde onderzoekingen was, dat bij iedere periode de invloedssfeer van het ijs in Nederland geringer werd. Het ijs kwam volgens Maarleveld in de eerste periode tot in de Geldersche Vallei en via het IJssel (Rijn) dal tot voorbij Kleef in Duitsland. In de vijfde periode bereikte het volgens Ter Wee slechts noordoost Nederland, waarbij de keileemopduikingen van Schildwolde, Winschoten en Onstwedde zijn ontstaan. De gevolgen van het opdringende ijs tijdens de Rissijstijd zijn voor geheel Nederland, maar vooral ook voor Friesland verstrekkend geweest.
We noemen de belangrijkste twee: De stuwing van de ondergrond en de afzetting van sedimenten

[1] De Rissijstijd wordt ook vaak aangeduid als Saalien.

Fig. 2. Vóór de Rissijstijd stroomden de Rijn en de Maas via noord-Nederland naar zee (naar Ter Wee, 1962[b]).

DE STUWING VAN DE ONDERGROND

In de eerste periode van de Rissijstijd (fase a van Maarleveld, 1953) drongen gletschertongen vanuit het noorden via de Noordzee de mondingen van de Rijn en de Maas binnen. Door de bestaande rivierdalen konden zij verder landinwaarts komen.
In Friesland, in het vlakke deltagebied, was ruimte genoeg voor de brede gletscherlobben. Stroomopwaarts echter, waar het rivierdal smaller en dieper werd, ging het voortbewegen van het ijs gepaard met enorme opstuwingen van

Fig. 3. Van nature horizontaal gelaagde sedimenten, kregen door de stuwing van het ijs gedurende de Risstijd een nagenoeg verticale gelaagdheid. (Foto Stichting voor Bodemkartering R15–169)

de zijkanten der dalen. Hierdoor ontstonden de bekende stuwwallen van Utrecht, Gelderland en Overijssel[1]. Het IJsseldal – toen nog Rijndal – was tot ca. 100 m beneden NAP uitgeschuurd. De van nature horizontaal gelaagde sedimenten werden door de stuwing schuin omhoog geperst, waardoor de lagen min of meer verticaal gesteld zijn (fig. 3).

Maarleveld onderscheidde in midden-Nederland drie perioden (fase a, b en c). Iedere periode met een eigen stuwingsgordel, veroorzaakt door de gletscherlobben en een eigen ijsbedekking. In noord-Nederland onderscheidde Ter Wee (1962b) nog twee perioden in de Rissijstijd (de fasen d en e; zie fig. 4).

Vooral fase d is voor Friesland zeer belangrijk geweest. De noord-zuid stuwrichting van het ijs werd gewijzigd in noordoost-zuidwest. De vóór het ijsfront liggende gletscherlobben hebben in de dalen gelegen van de huidige riviertjes de Boorne, Tjonger en de Linde, hetgeen de brede dalen van deze kleine stroompjes verklaarbaar maakt. Ook hier heeft het ijs weer een zijwaartse stuwing teweeggebracht, die altijd vanuit de ondergrond werd veroorzaakt. Op verschillende plaatsen komt het onder de keileem aanwezige zand 10 à 15 m hoger in het profiel voor dan qua afzetting mogelijk is.

In Friesland noemen we Drogeham, Spannenburg, Gaasterland en Koudum als plaatsen waar dit verschijnsel zich voordoet. Cnossen & Zandstra (1965) beschrijven een opgestuwde proglaciale zandrug bij Vegelinsoord ten noorden van de oudste Boorneloop. Verstuiving van het zand veroorzaakte daar een verstopping van de Boorne en vervolgens een verplaatsing van het rivierdal.

Ook langs de Linde en de Tjonger vormen de zandopduikingen westwaarts in het veengebied vrij zeker overblijfselen van vroegere stuwingen door het ijs. Meer spectaculair zijn de thans nog hoog boven het landschap uitstekende stuwmorenes van Gaasterland. Een gletschertong die gelegen zou hebben in het bekken waarin nu de Heegermeer, de Fluessen en de Morra liggen, heeft zijwaarts de hoogtes van Koudum aan de noordkant en die van Gaasterland aan de zuidkant opgestuwd.

De heuvels van Bakhuizen, Scharl en Warns behoren tot het frontale deel van de stuwmorene (Ter Wee, 1962a). In deze periode zijn ook de opduikingen bij Steenwijk, Havelte, Vollenhove, Urk, Wieringen en Texel door stuwing van gletschers ontstaan (fig. 4).

Tevens dateert de Overijsselse Vecht uit deze periode. Deze stroom fungeerde als smeltwaterrivier aan de buitenkant van het ijsfront.

In de laatste periode van de Rissijstijd is alleen het uiterste noordoosten van ons land door ijs bedekt geweest. Toen zou de Hunze zijn ontstaan als smeltwatergeul vóór het ijsfront (Ter Wee, 1962b).

DE AFZETTING VAN SEDIMENTEN

Met het landijs werden zowel de grote rotsblokken – waarmee later de hunebedden zijn gebouwd – als ook de kleinste kleideeltjes meegevoerd. Het meegevoerde materiaal dat bij het afsmelten achterbleef vormde de *keileem*[2]. Dit is een lemig sediment waarin behalve zand ook stenen van diverse grootte kunnen voorkomen. De keileem is in Friesland bijna overal in de ondergrond aanwezig. De diepte en de dikte van het keileempakket variëren sterk.

In de zandgebieden is de keileem veelvuldig binnen 1,25 m beneden maaiveld aanwezig (zie fig. 5); dit is op de Bodemkaart aangegeven met toevoeging s.

Een minder bekend sediment, dat ook onder invloed van het ijs werd afgezet, is de *potklei*[2]. Aangenomen wordt dat de potklei is afgezet als een smeltwaterafzetting.

De potklei behoort in het profiel onder de keileem thuis. Uit diepe boringen o.a. te Bergumerheide is bekend dat de potklei plaatselijk vele tientallen meters dik kan zijn.

In Friesland komt alleen ten zuiden van Augustinusga potklei aan de oppervlakte; dit is op de Bodemkaart met toevoeging t aangegeven (zie fig. 5).

---

[1] Zie figuur 74 in De bodem van Nederland (Stichting voor Bodemkartering, 1965).

[2] Zie ook pag. 19 e.v.

Fig. 4. De grens van de ijsbedekking in de laatste twee fasen (d en e) van de Rissijstijd, in noord-Nederland (naar Ter Wee, 1962[b]).

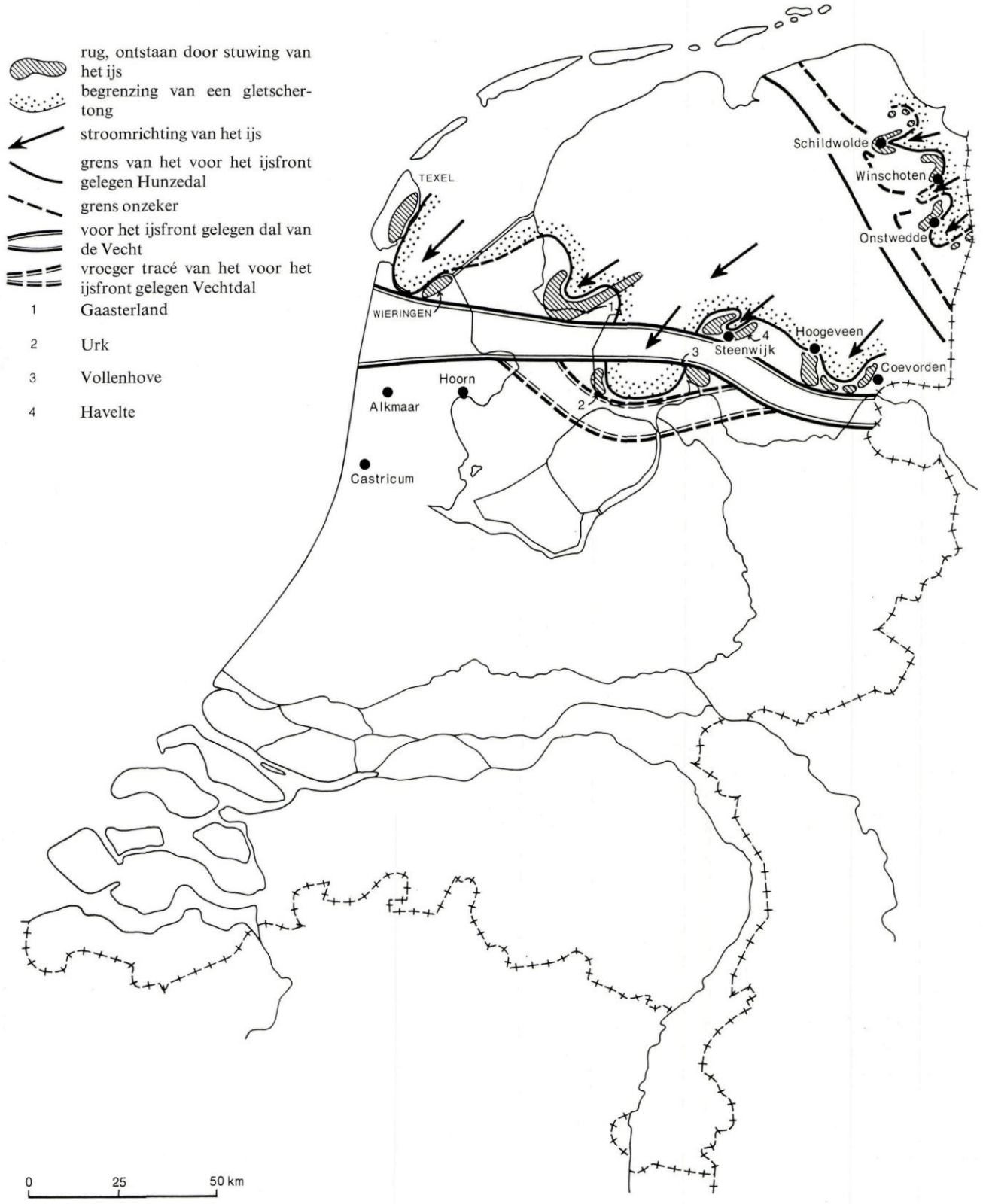
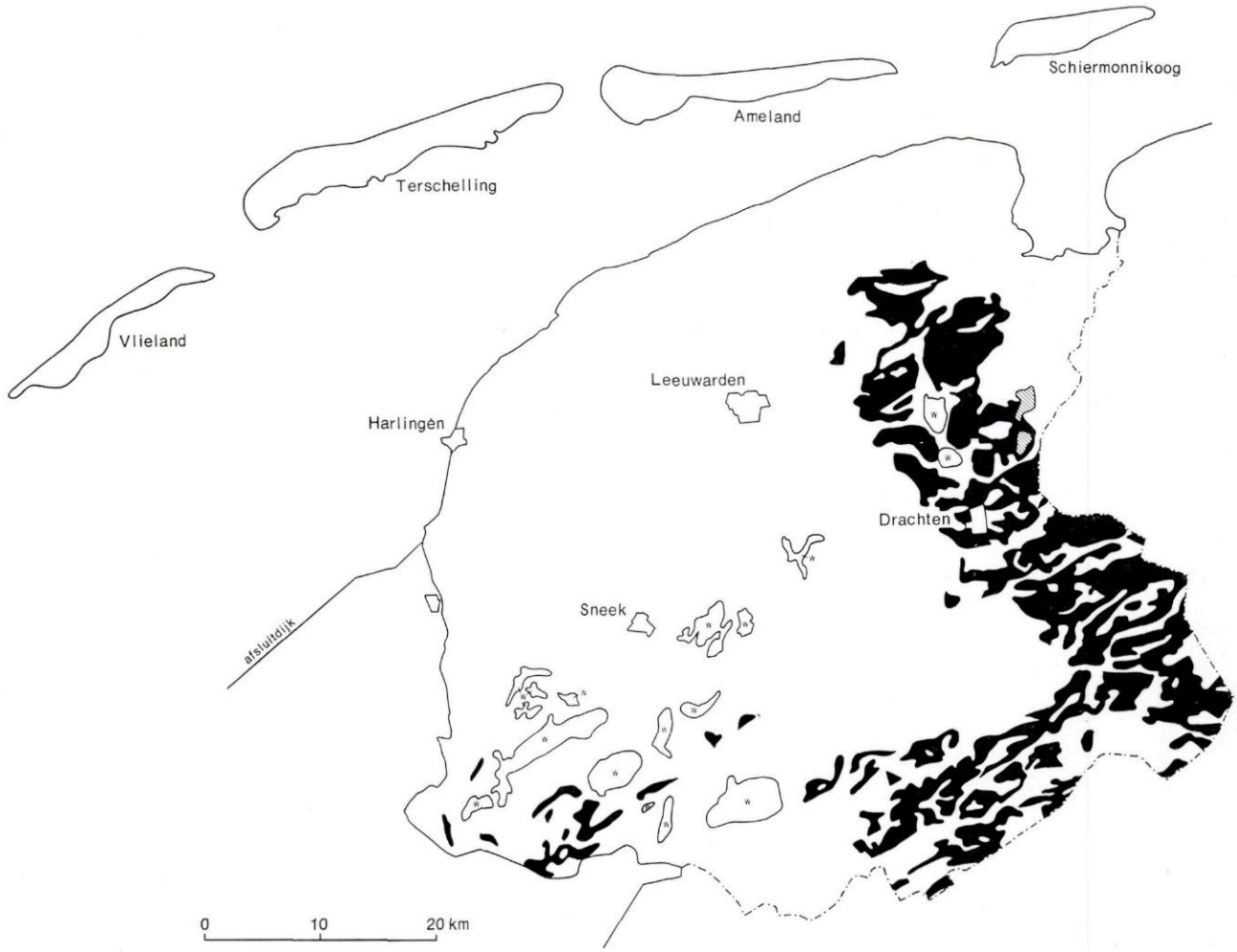


Fig. 5. De verbreiding van keileem en potklei, ondieper dan 125 cm beneden maaiveld



III HET EEMIEN

Het Eemien is de periode tussen de Riss- en de Würmijstijd, met hogere temperaturen. Het ijs smolt af en dientengevolge werden de zeestanden aanmerkelijk hoger. In noord-Friesland kon de zee zelfs een eind landinwaarts afzettingen deponeren, het zgn. *mariene Eemien*[1]. Op het land kon zich een weelderige plantengroei ontwikkelen, waaruit onder gunstige omstandigheden veenlagen zijn ontstaan. In deze periode heeft een sterke verwering van de aan het oppervlak liggende keileem plaatsgevonden (Maarleveld, 1960).

[1] Vermoedelijk is de oude Rijndelta hierbij nog van betekenis geweest. Door een lagere ligging o.a. als gevolg van inklinking was hier zee-invloed mogelijk. Deze is mede verantwoordelijk voor het zoute grondwater dat soms door nortonputten wordt geleverd.

IV DE WÜRMIJSTIJD[1]

Deze geologische periode heeft twee zeer belangrijke aspecten:

a er vond in Nederland géén ijsbedekking plaats, hoewel zich grote ijsmassa's vanaf Scandinavië verplaatsten. De uiterste grens van het ijs lag ongeveer bij Hamburg. Door de ophoping van water in de enorme ijsmassa's is het zeeniveau sterk gedaald. Aangenomen wordt dat de Noordzee in die tijd grotendeels droog lag.

b in Friesland werd op de keileemondergrond een pakket zand afgezet.

De Würmijstijd is op grond van de toen heersende klimatologische omstandigheden ingedeeld in het *Vroeg-Glaciaal*, het *Pleniglaciaal* en het *Laat-Glaciaal*.

Het Pleniglaciaal vertegenwoordigt de koudste periode, met een toendraklimaat, waarin de ondergrond tot vrij grote diepte permanent bevroren was. Bij lage temperaturen woedden hier zware westelijke tot noordwestelijke stormen, die met grote hoeveelheden sneeuw ook veel zand verplaatsten. Op de hogere delen, zoals de Friese Wouden en Gaasterland, werd het *Oudere dekzand* afgezet.

---

[1] De Würmijstijd wordt ook vaak aangeduid als Weichselien.

Fig. 6. Het transport en de sedimentatie van sneeuw bij harde wind, geeft een idee van de zandverstuivingen in het Laat-Glaciaal
(Foto J. D. de Jong)

In de lagere gebieden werden zandafzettingen gesedimenteerd waarbij water in een of andere vorm invloed uitoefende, de zgn. niveo-fluviatiele afzettingen (Brouwer, 1949; Cnossen & Zandstra, 1965; Van der Hammen, 1951). Gedurende het *Laat-Glaciaal* wisselden koude en warmere perioden elkaar af. In de koude perioden, de Oudere en de Jonge Dryastijd, overheerste weer een toendraklimaat en werd het *Jongere dekzand* afgezet (fig. 6). In de warmere perioden, de Bølling- en Allerødtijd was er plantengroei en derhalve veenvorming mogelijk. Veenlaagjes, ingesloten in het zandpakket – plaatselijk vaak „hotte" genoemd – dateren veelal uit de Allerødtijd.
Eveneens uit de Würmijstijd dateren een groot aantal *dobben* of vennetjes in de Friese Wouden. In de koude perioden van het Pleniglaciaal zijn ze door vorstwerking uit de zgn. *pingo's* ontstaan (zie fig. 12). Vele profielen dragen nog de sporen van de koude perioden. Op de permanent bevroren ondergrond werden de bovenlagen door de afwisseling van vorst en dooi geducht gekneed en verwrongen. Dit verschijnsel wordt *kryoturbatie* genoemd (fig. 7).

V HET HOLOCEEN

Uit deze periode kennen we allerlei afzettingen die alle aan of nabij de oppervlakte liggen.
In het begin van het Holoceen was het klimaat nog niet zo gunstig. Daardoor kon in het Preboreaal nog een deel van de Jongere dekzanden aan de westkant van de Friese Wouden ontstaan (zie fig. 10). In het Boreaal is de verplaatsing van zand echter beperkt gebleven tot lokale verstuivingen. Het betere klimaat bevorderde de plantengroei zodat het grotendeels uit zand bestaande Friesland begroeid raakte. Doordat de temperatuur hoger werd, smolt er veel ijs af, o.a. in de poolgebieden, in Scandinavië en Noord Amerika, waardoor de zeespiegel sterk rees. Dit bracht met het vochtiger worden van het klimaat, verhoogde grondwaterstanden teweeg. Op natte plaatsen kon zich onder bepaalde omstandigheden *veen* gaan vormen. Door de voortdurende rijzing van de zeespiegel en het door-

Fig. 7. Door kryoturbatie verwrongen profiellagen *(Foto Drs. M. W. ter Wee)*

zetten van de klimaatsverbetering breidde de veenvorming zich over geheel west-, noord- en midden-Friesland uit: er ontstond – vooral in het Subboreaal – een dik pakket veen.
Door de verhoogde stand van de zeespiegel kon de zee (in het Atlanticum reeds plaatselijk) in het Subboreaal en het Subatlanticum grote delen van het veen overspoelen. Hierdoor werd de vegetatie vernietigd en de veengroei beëindigd. In het noorden en westen werden meters dikke pakketten *zeeklei* op het veen afgezet, in het Lage Midden slechts een dunne laag (de kaarteenheden 38 en 86). Deze invloed van de zee is doorgegaan tot in het Subatlanticum; toen heeft de mens hier door het opwerpen van dijken, beginnend omstreeks 1100 na Chr., een eind aan gemaakt. Ook zijn er veengebieden waar geen klei is afgezet. Het betreft die gebieden die steeds buiten de invloedssfeer van de zee zijn gebleven. In het hoger gelegen zandgebied van de Friese Wouden heeft in het Holoceen ook op grote schaal veenvorming plaatsgevonden. Dit was hier mogelijk doordat de Jongere dekzandafzettingen de afwatering geheel of grotendeels verstopten.
De verhoging van de grondwaterstanden die hiervan het gevolg was, leidde tot het ontstaan van veen. Slechts bij Fochteloo is nog een restant van deze hoogveenpakketten aanwezig. Het is op de Bodemkaart aangegeven als eenheid 88.

In het voorgaande is een globaal overzicht gegeven van het ontstaan van de bodem van Friesland aan de hand van een summiere beschrijving der geologische perioden en de tijdens die perioden afgezette sedimenten. Nu willen we iets nader ingaan op het ontstaan, de bodemgesteldheid en de ontginningsgeschiedenis van de drie bodemkundige landschappen.

De Friese Wouden *(Foto J. D. de Jong)*

Bodem en landschap

I DE ZANDGRONDEN

Op grond van de ouderdom, de wijze van afzetting en de mate van bodemvorming kunnen de zandgronden in Friesland als volgt ingedeeld worden:

a *Pleistocene zanden*, afkomstig uit de Würmijstijd, als dekzand afgezet, veelal een podzolprofiel bevattend.

b *Holocene zanden*, meestal zeer recent; subboreaal en subatlantisch. Meest voorkomend langs de kust. Voorbeelden: 1. de duinen op de eilanden (eenheden 129, 130), de stranden (eenheid 3), de Waarden bij Workum en Makkum (eenheid 6), 2. de stuifzanden en de spoelzanden. Landschappelijk worden de onder b1 genoemde zanden tot de zee(klei)afzettingen gerekend.

De zandgronden komen in Friesland hoofdzakelijk voor in het oostelijk deel, dat ongeveer samenvalt met de Friese Wouden. Bovendien worden zandgronden aangetroffen in Gaasterland, bij Joure, St.-Nicolaasga en bij Koudum (ca. 4 km ten z.o. van Hindeloopen). Plaatselijk – waar veen is afgegraven – komt de zandondergrond aan de oppervlakte. Kenmerkend voor deze zandgebieden is, dat ze ten opzichte van hun omgeving altijd hoger liggen.

De Friese Wouden vormen de westelijke helling van het Drentse plateau. Deze helling heeft een natuurlijke waterafvoer mogelijk gemaakt, nl. door een aantal stroompjes als de Draait, Boorne, Tjonger en de Linde, die elk een breed dal in het plateau hebben uitgeschuurd. Nu nog wordt het water grotendeels door bovengenoemde stroompjes afgevoerd, al is de mens hier en daar regulerend opgetreden en heeft hij ook afvoermogelijkheden gemaakt door het graven van de Compagnonsvaarten t.b.v. de verveningen en de turfafvoer.

Grote hoogteverschillen komen in de Friese Wouden bijna niet voor. Het meest geaccidenteerd zijn het Jongeredekzandgebied (hoofdzakelijk kaarteenheid 116), en de recente stuifzandgebieden (de Kale Duinen bij Appelscha, kaarteenheid 124). De grootste hoogteverschillen vindt men meestal bij de hoger gelegen dekzandruggen en de aangrenzende, lager gelegen rivierdalen en dobben. Karakteristiek voor het landschap is de noordoost-zuidwest gerichte ligging van de beekdalen en van een groot deel van de dekzandruggen.

Opmerkelijk is, dat het deel der Friese Wouden ten noorden van de lijn Drachten-Surhuisterveen (ook wel de Noordelijke Wouden genoemd) enigszins afwijkt van het hierboven omschreven beeld. Waarschijnlijk heeft het Drentse plateau hier weinig of geen invloed, zodat het hellingeffect beperkt is gebleven. Tevens is de afwatering hier zowel naar het oosten – via de Lauwers – als naar het noorden en westen mogelijk.

De zandgronden van Gaasterland, Joure, St.-Nicolaasga en Koudum kunnen als afwijkingen worden beschouwd. In deze gebieden liggen het zand en de keileemondergrond soms meer dan tien meter hoger dan zij in de omgeving worden aangetroffen. We hebben hier te maken met door stuwing van het ijs gestoorde profielen (zie hfdst. I par. II). In het landschap van deze zand„opduikingen" ontbreken de drie landschappelijke elementen die zo kenmerkend zijn voor het merendeel van de Friese Wouden, namelijk:

a de beekdalen met de bijbehorende laaggelegen zand- en veengronden

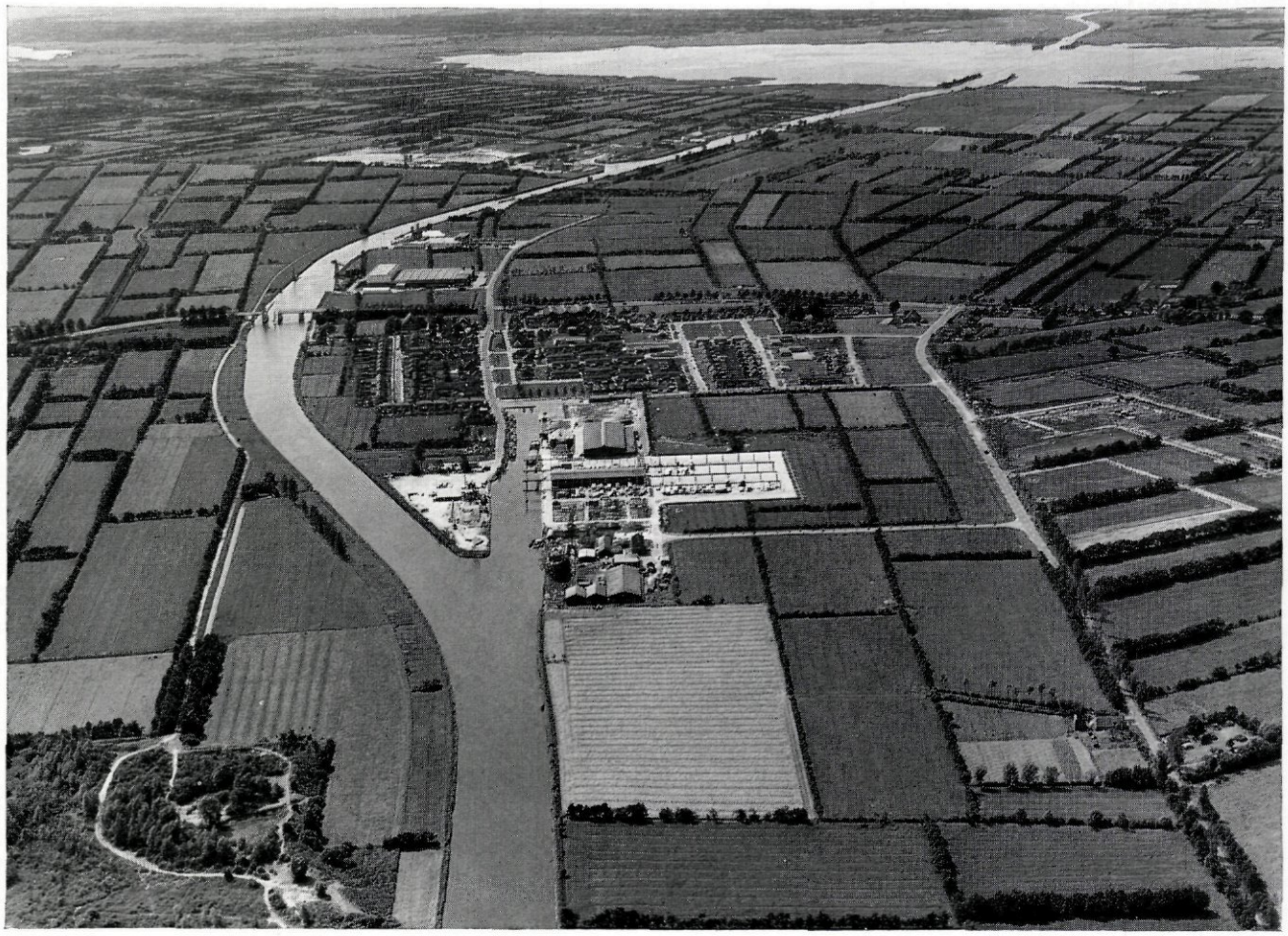
b de dobben

c de helling met de daaraan gebonden noordoost-zuidweststrekking.

De zandopduikingen van Koudum, Warns, St.-Nicolaasga en Joure vormen over het algemeen een hoogte, die vanuit het midden naar de randen afloopt. Gaasterland echter is aan de randen hoger dan in het midden. In Gaasterland ligt de keileemondergrond vooral in de randen ondiep onder het maaiveld, in het middengedeelte daarentegen

overwegend dieper dan 1,25 m beneden het maaiveld. In het laatste geval is hij bedekt door een laag dekzand en plaatselijk door stuifzand (Rijsterbos).
Het hoogteverschil van deze zandopduikingen t.o.v. hun omgeving is nog duidelijker geworden door de *inklinking* van het omringende klei-op-veengebied, die ontstond als gevolg van cultuurmaatregelen, o.a. ontwatering.
In dit verband wordt gewezen op de zandopduiking ten noordwesten van de Koevordermeer, die zich als een langgerekte zandrug aan of nabij het oppervlak in noordwestelijke richting voortzet tot de Oudegaaster Brekken, om in de Workumermeerpolder weer tevoorschijn te komen. Deze rug, op de Bodemkaart aangegeven met toevoeging m, is door de inklinking van het omringende veenlandschap „omhoog gekomen".
Ook de rug van zandgronden vanaf Heerenveen via Haskerhorne, Scharsterbrug, de Noed, Spannenburg en Tjerkgaast is sterk geaccentueerd door het afgraven en de inklinking van de aangrenzende veen- en klei-op-veengronden. Deze zandrug vormt een natuurlijke verbinding tussen Gaasterland en de Friese Wouden. De benaming „navelstreng" lijkt ons zeer passend. We hebben de indruk dat deze rug ontstaan is door de ijsgletschers die de ondergrond om-, hoog hebben geperst, o.a. vanuit het oudste Boornedal (Cnossen & Zandstra, 1965). Dit was duidelijk te constateren bij Spannenburg waar in een zandafgraving het *proglaciale* zand binnen 1 m onder het oppervlak aanwezig was. Ditzelfde zand ligt op vele plaatsen elders in zuidwestelijk Friesland tussen 10 en 20 m diepte.
Het landschap van de zandgronden verschilt ook van dat van de klei- en veengronden door de specifieke „aankleding" met bomen; vooral de houtwallen van elzen op de perceelsscheidingen vormen een landschappelijk element dat in

Fig. 8. Perceelsgrenzen, gemarkeerd door begroeiing met hout (els). Midden: Kootstertille aan het Prinses Margrietkanaal; achtergrond: het Bergumermeer. *(Foto KLM Aerocarto NV)*

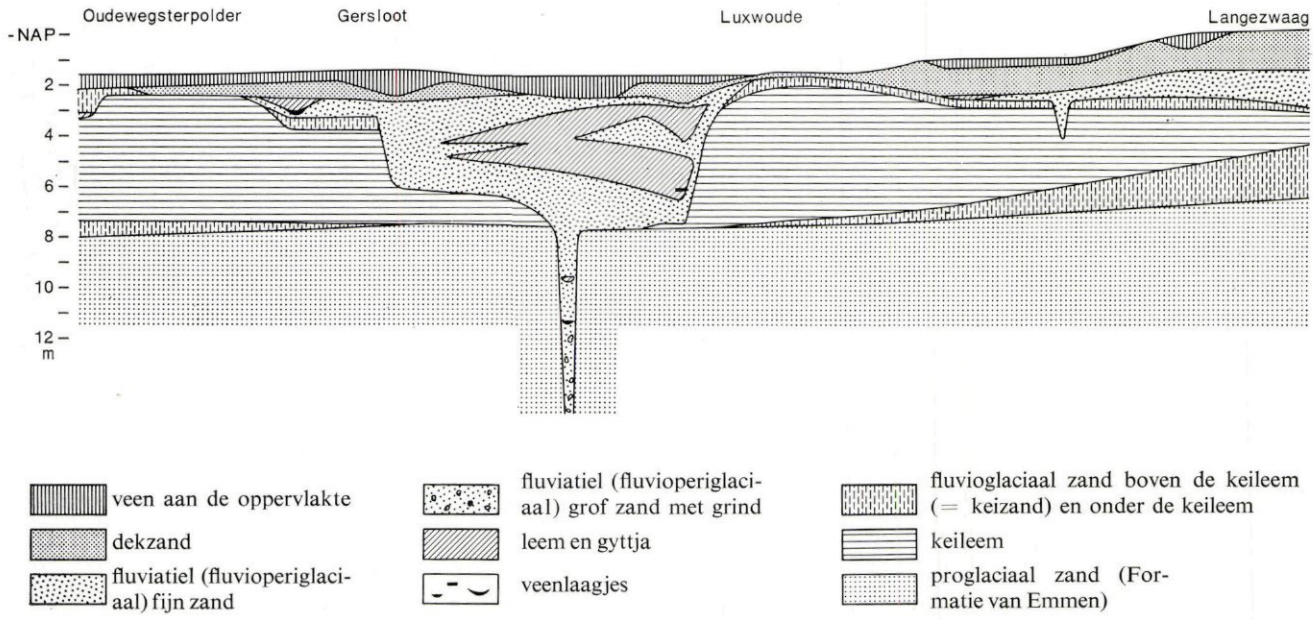


de rest van Friesland niet wordt aangetroffen (fig. 8). Behalve deze houtwallen vindt men er ook de zg. *wildwallen* (zie pag. 31). Op enkele specifieke delen van het landschap in de Friese Wouden zullen we iets nader ingaan:

DE BEEKDALEN

De beekdalen komen alleen voor in het zandgebied van de Friese Wouden. Vooral in de zuidelijke Wouden hebben de beken hun waterafvoerende functie enigermate behouden. Van zuid naar noord gaande kunnen we de volgende beekjes noemen: Linde, Tjonger, Boorne, Draait, Burmaniasloot. Passend bij hun ligging op een helling lopen de beekdalen parallel. Hun richting is noordoost-zuidwest. Zeer opvallend is de wanverhouding tussen de brede vlakke dalen en de betrekkelijk smalle beekjes. Dit komt doordat dit afvoersysteem al heel oud is. Zeer waarschijnlijk was het huidige afwateringspatroon reeds voor de Rissijstijd op deze westhelling van het Drentse plateau aanwezig.
In de Rissijstijd hebben de gletschers, die uit het noordoosten kwamen, de dalen door stuwing en erosie verbreed en uitgediept. Toen het landijs afsmolt voerden deze dalen veel smeltwater af. Mede hierdoor werd een diep dal uitgeslepen. Tijdens hun onderzoek naar de oudste Boorneloop vonden Cnossen & Zandstra (1965) een dalinsnijding van 20 à 25 m diepte. Na de Rissijstijd is onder invloed van water veel zand en keileemmateriaal geërodeerd en verplaatst naar het midden en westen van Friesland. Het gevolg was dat de diepte der dalen verminderde, maar de breedte gelijk bleef (fig. 9).
Ook Ter Wee (1962b) beschrijft een analoge manier van ontstaan en opvulling van tongbekken en erosiedal van de Steenwijker Aa.
In de kern der dalen komt geen keileem voor. Langs de randen kan de keileem nog aanwezig zijn.
Kunnen we het opvullen der beekdalen als een eerste aanval op hun waterafvoerende functie beschouwen, een tweede aanval kwam in het koudste deel van de Würmijstijd. Hiervan heeft o.a. de Boorne veel hinder ondervonden. De door het ijs zijwaarts opgestuwde zandmassa's uit de ondergrond, kwamen in het droge en koude klimaat met zware stormen plaatselijk bloot te staan aan verstuiving. Het gevolg is geweest, dat de Boorne op verschillende plaatsen verstopt raakte en voor zijn waterafvoer een andere weg moest zoeken. Cnossen & Zandstra (1965) beschrijven dat de nieuwe richting steeds naar het noordwesten is geweest in plaats van de oorspronkelijke noordoost-zuidwest-

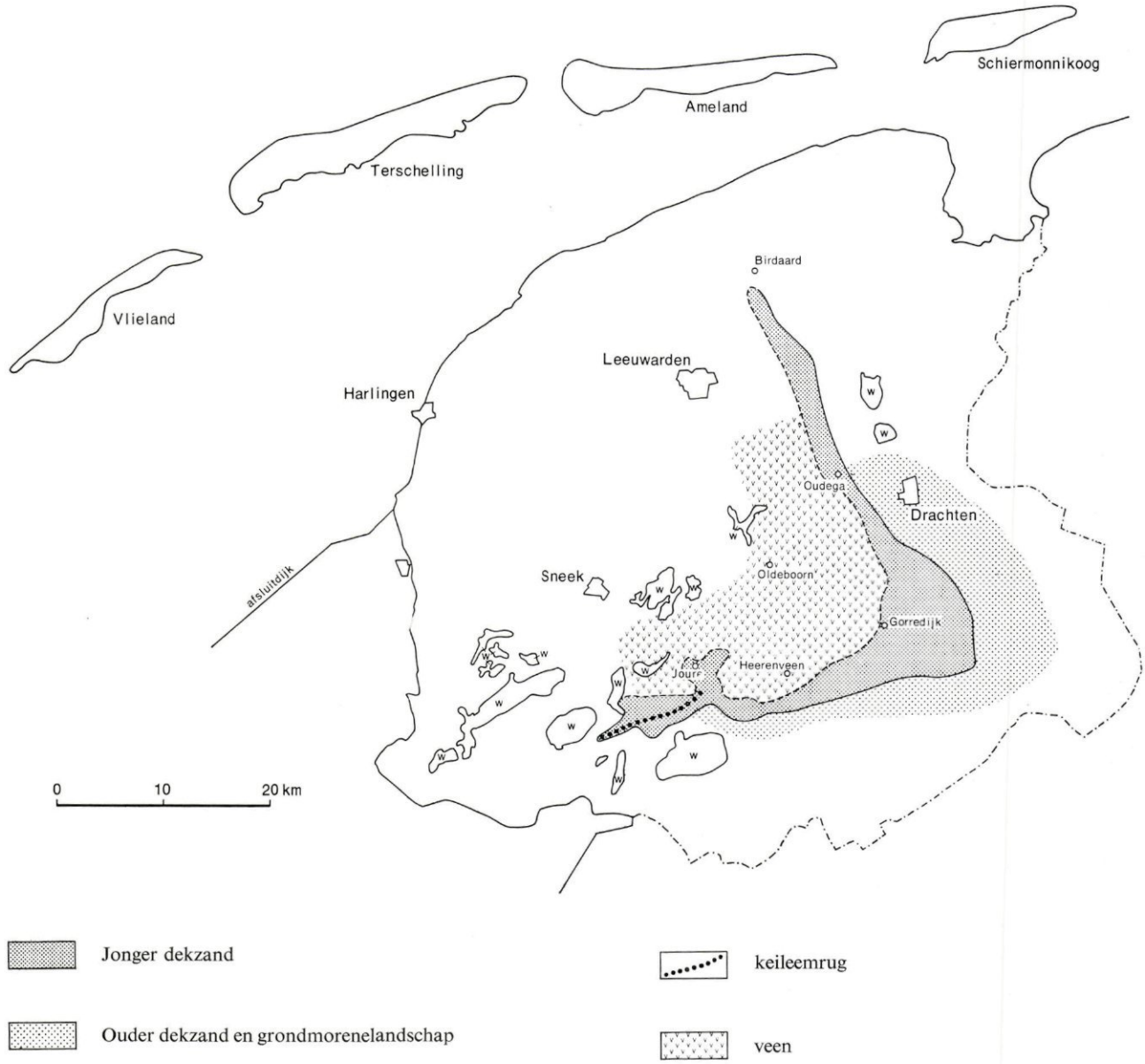
Fig. 9. Dwarsprofiel door het erosiedal van de Boorne, noordoostelijk van Heerenveen bij Luxwoude (naar Cnossen & Zandstra, 1965).



richting. Zij beschrijven twee van dergelijke stroomverleggingen t.g.v. verstoppingen van het dal, o.a. bij Heide bij St.-Nicolaasga en ten zuiden van Vegelinsoord. De laatste afbuiging geschiedde ten zuiden van Beetsterzwaag. De Boorne stroomt daarna in een vlak dal *over* de pleistocene zandondergrond naar het noordwesten. Diepgelegen veenlagen in het dal uit een warmere periode van de Würmijstijd maakte een datering mogelijk (ca. 28 300 jaar voor het begin der jaartelling). Vermoedelijk geeft ook de Draait een dergelijk beeld. De Linde en de Tjonger vertonen weinig of geen verstoringen in hun oorspronkelijke stroomrichting.
Een derde aanval komt in het Laat-Glaciaal, ten tijde van de afzetting der dekzanden[1].

[1] Voor ontstaan, korrelgrootte etc. der dekzanden: zie pag. 24 en verder.

Fig. 10. Gordel van Jonger dekzand tussen de Friese Wouden en het Lage Midden (naar Veenenbos, 1954).



Het dekzand is een *windafzetting*, daardoor is de verbreiding meestal vrij groot. Het dekzand werd als een laag over de keileem afgezet, waardoor het in de keileem aanwezige stelsel van geulen en geultjes grotendeels verstoord en zelfs verstopt werd. Vooral de afzetting van het Jongere dekzand belemmerde de waterafvoer in grote mate (zie ook pag. 25).

De Draait raakte geheel verstopt en was genoodzaakt ten oosten van de Jongere-dekzandgordel naar de Smalle Ee om te buigen (fig. 10).

De Boorne heeft zich met moeite kunnen handhaven. De vele kronkels ten zuiden van Beetsterzwaag getuigen van de strijd die hiervoor is gevoerd. Ook is het dal ten zuiden van Beetsterzwaag goeddeels met zand i.p.v. met veen gevuld.

De Tjonger heeft de strijd, die nog weerspiegeld wordt in de resterende oude meanders tenslotte moeten opgeven.

Door het graven van het Tjonger*kanaal* werd de waterafvoer sterk bevorderd en werd tevens een mogelijkheid voor scheepvaart geopend.

De Linde daarentegen is vrij gebleven van de invloed van de Jongere-dekzandafzetting.

Het staat wel vast, dat de beekdalen steeds van belang zijn geweest voor de hydrologie van het gebied. De bodems die in de dalen zijn ontwikkeld vertonen hiervan de specifieke kenmerken. In de dalen zijn onderscheiden de eenheden 102, 132 en 133. Het zijn de gronden met een zwarte, humusrijke tot venige bovengrond op een grijze, roestige zandondergrond. Een meer of minder dikke veentussenlaag komt veel in de eenheid 132 voor, de dikkere veenlagen – meestal van elzenbroek – zijn als eenheid 133 gekarteerd.

In de dalen komt meermalen een kleiig laagje voor, dat is afgezet door de beekjes, het zg. *beekleem*. Meestal is de laag dun en vormt de overgang van de bovengrond naar het veen of de zandondergrond. Waar grondwater uit de hogere delen in de beekdalen aan de oppervlakte kwam is door de oxydatie van het ijzer het *ijzeroer* ontstaan dat tot zeer recent gewonnen werd (Linde en Tjonger).

DE DOBBEN

Een zeer markant element in het zandlandschap der Friese Wouden vormen de dobben (fig. 11). Het zijn meestal ronde depressies in het veld, die in oppervlakte kunnen variëren van meer dan 10 ha tot minder dan 1 ha. Soms liggen ze als snoertjes aaneen en vormen samen een ingewikkeld patroon. Vele verkeren in een nog bijna oorspronkelijke toestand, terwijl er verscheidene bij de ontginning der gronden zijn dichtgemaakt.

Opvallend is ook het verschil in diepte tussen de dobben. Naar aanleiding van onderzoekingen van Maarleveld & Van den Toorn (1955), Maarleveld (1965) en Müller (1959) kwam vast te staan, dat de diepe dobben die tevens omgrensd worden door een meer of minder in tact zijnde *keileemwal* dateren uit de Würmijstijd. Ze worden „pingo's" genoemd en zijn als volgt ontstaan (zie ook fig. 12). Op een permanent bevroren ondergrond begon de ontdooide bovengrond van boven af te bevriezen. In de nog niet bevroren tussenlaag vond watertransport plaats t.g.v. de helling der Friese Wouden. Plaatselijk hoopte het water zich op. Bij bevriezing zette het uit, hetgeen een opstuwing van de bovenliggende lagen teweegbracht.

Tijdens perioden met hogere temperaturen ontdooide het bovenste laagje en vond erosie plaats. Na de Würmijstijd bleef er een diep gat over. In de gevormde pingo-resten ontstond een gunstig milieu voor plantengroei en tevens voor veenvorming.

Het begin van de veengroei is meestal van laat-glaciale ouderdom (12 000 à 10 000 j.). Een door ons bemonsterd veenpakket van ca. 5 m dikte in een diepe terreindepressie tijdens de wegverbetering Ureterp Vallaat-Selmien kon op grond van pollenanalytisch onderzoek door Prof. Florschütz als volgt worden gedateerd (zie ook bijl. 2):

van ± 490 tot ± 435 cm Bøllingcomplex
van ± 435 tot ± 405 cm Oudere Dryas
van ± 405 tot ± 350 cm Allerød
van ± 350 tot ± 165 cm Jonge Dryas

„De holocene veengroei was in het veenpakket van 165–0 cm duidelijk te herkennen. Goed herkenbaar is het At-

Fig. 11. Doorsnede van een dobbe (het Siegerswoudstermeer), naar Maarleveld & Van den Toorn, 1955.

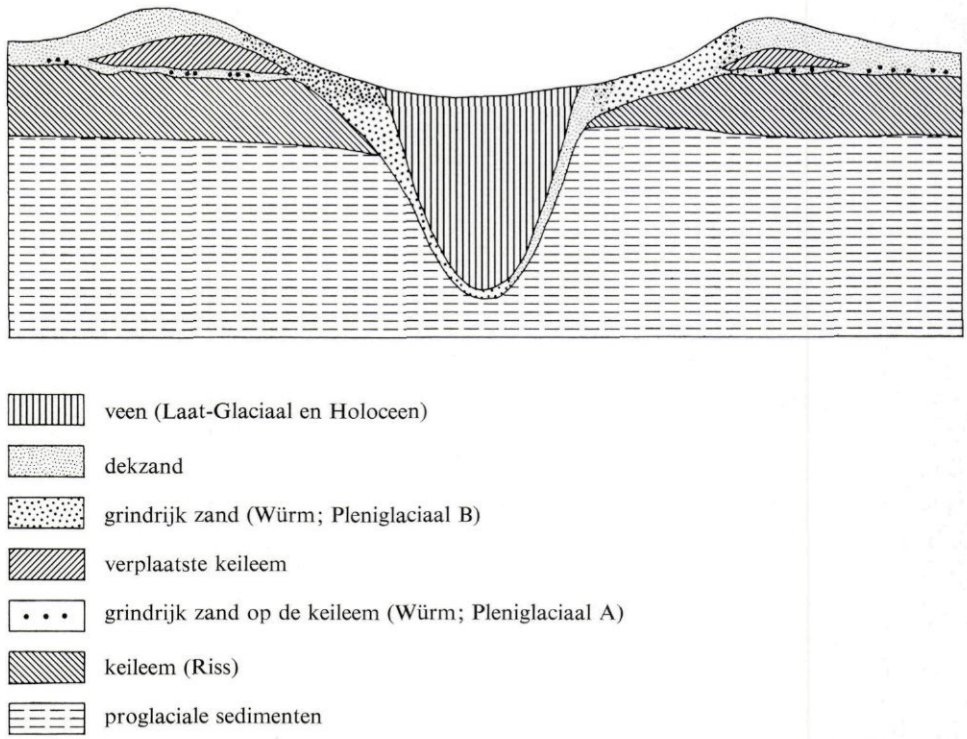
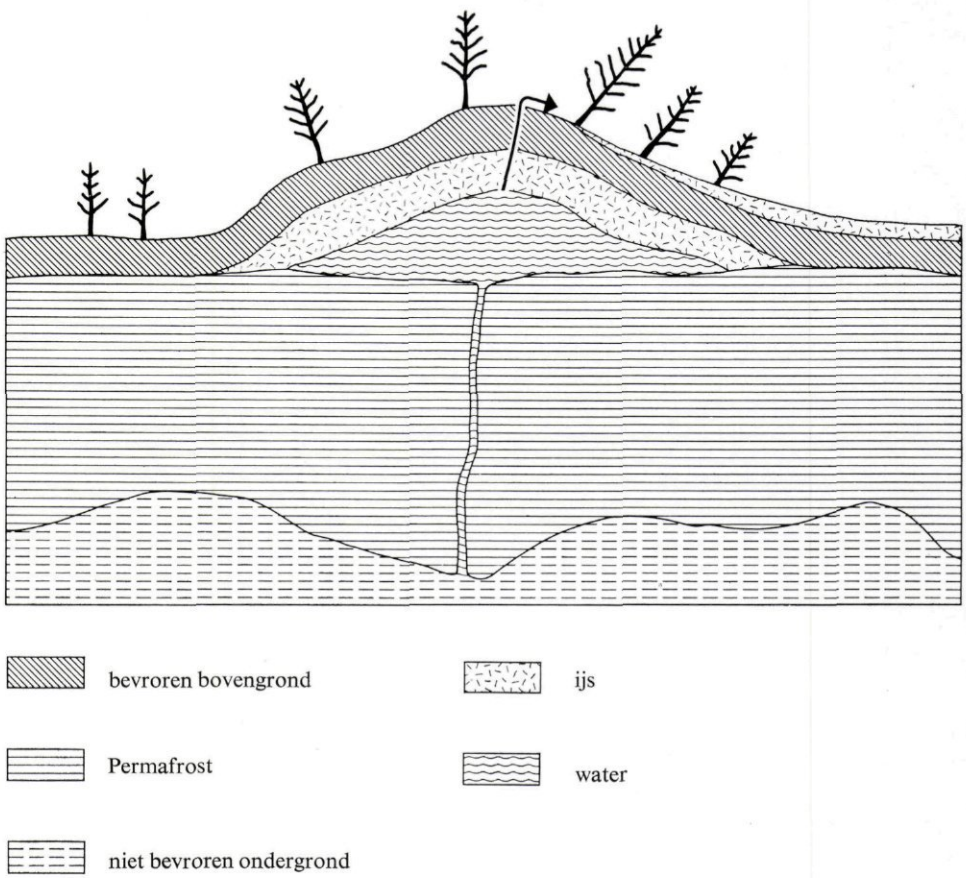


Fig. 12. Doorsnede van een pingo (naar Maarleveld & Van den Toorn, 1955)



lanticum (van ± 150 tot ± 100 cm). Boven ± 100 cm geeft het pollenspectrum een subboreale en in de bovenste centimeters een subatlantische indruk (Cnossen, 1961). Opgemerkt werd dat het Preboreaal en het Boreaal slechts in enkele spectra te herkennen waren. Opvallend was de lemige band in het profiel op ca. 160 cm. Vermoedelijk waren toen de omstandigheden te nat voor veengroei."
In vele pingo's zijn de bovenste lagen van het veenpakket verwijderd door turfwinning. In de door Maarleveld & Van den Toorn onderzochte pingo-resten van het *Siegerswoudstermeer* bleek het onderste veen van laat-glaciale ouderdom te zijn.
Behalve de pingo-resten kennen we de normale terreindepressies, die met veen gevuld zijn of waren. Ook zijn er dobben ontstaan door uitwaaiing van het bovenliggende zandpakket. Dit type heeft een ondiep gelegen keileembodem en is omringd door een zandrug. In tegenstelling tot de diepe dobben, die steeds water bevatten, vallen de ondiepe dobben spoedig droog.

DE VERSCHILLENDE AFZETTINGEN

In het zandlandschap van de Friese Wouden kunnen we de volgende sedimenten in het profiel onderscheiden (van oud naar jong):

1. het proglaciale zand
2. de potklei
3. de keileem
4. het keizand
5. het dekzand { Ouder / Jonger }
6. het veen
7. het stuifzand
8. het spoelzand

HET PROGLACIALE ZAND

Hiermee wordt bedoeld het zand dat direct onder de keileem ligt (Formatie van Eindhoven). Het materiaal is oorspronkelijk aangevoerd door Duitse rivieren. In de latere Rissijstijd is veel zand verstoven en als dekzand afgezet. In de Friese Wouden komt het proglaciale zand plaatselijk aan of nabij de oppervlakte, vermoedelijk als gevolg van opstuwing door het ijs (o.a. bij Drogeham).
Het betreft een fijnzandig zwak lemig zand, dat na droging spierwit is en zacht aanvoelt. Naar zijn korrelgrootteverdeling kan het als een windafzetting worden gekarakteriseerd. In de gestuwde hoogtes van Gaasterland en bij Spannenburg is het proglaciale zand soms grover en heeft nog duidelijke kenmerken van een door water gesedimenteerd zand. Maarleveld (1956) lokaliseerde Elbemateriaal in de grindfractie van grovere zandlenzen afkomstig van Koudum en het Rode Klif. Ook Zandstra (1959) komt bij zijn onderzoek tot deze conclusies.
Het fluviatiele karakter van het proglaciale zand in zuidwestelijk Friesland stemt overeen met de beschrijving die De Waard (1949) geeft van het Proglaciaal in de Noordoostpolder.

DE POTKLEI

Onder potklei wordt verstaan een zeer taaie uiterst zware klei met 80 % of meer lutum[1].
Door verwering is dit sediment bovenin iets grijs en kalkarm, naar beneden wordt het zwart en kalkrijk. Vaak bevat

[1] Lutum = deeltjes kleiner dan 0,002 mm.

het een hoog gehalte aan organische stof, deels in de vorm van plantendeeltjes. Soms is het duidelijk gelaagd met fijne zandbandjes.
De potklei werd geologisch algemeen beschouwd als een smeltwater-afzetting vóór de gletschers van de Rissijstijd. Uit de recente onderzoekingen van de Geologische Dienst blijkt echter dat potklei is afgezet *na* een ijstijd, dus bij het wegsmelten van ijs (mondelinge mededeling van Drs. M. W. ter Wee).
In Friesland komt de potklei slechts rondom Surhuisterveen binnen 1,25 m beneden maaiveld voor. Tevens werd hier geconstateerd dat de potklei ter plaatse gestuwd was (Cnossen & Heijink, 1958). De bodemprofielen die boven de potklei zijn ontwikkeld, hebben meestal het karakter van *gleygronden*, die door de zware ondergrond een moeilijk te reguleren waterhuishouding hebben.

DE KEILEEM

Keileem is het door het landijs in de Rissijstijd aangevoerde materiaal, dat bij het afsmelten van het ijs achterbleef. Dit residu wordt ook wel aangeduid met de naam *grondmorene*.
We kennen in Friesland twee soorten keileem: de *grijze* en de *rode*, waarvan we de eerste het meest aantreffen. De rode keileem komt slechts plaatselijk voor en wordt daarom ook wel *schollenkeileem* genoemd. Rode keileem wordt alleen in Gaasterland aangetroffen o.a. bij het Oude Mirdumer Klif, Sondel en bij St.-Nicolaasga.
Behalve van kleur, verschillen ze van zwaarte, kalkgehalte en van samenstelling der stenenassociaties.
De grijze keileem heeft een lutumgehalte dat varieert van 14–18%, meestal is het bovenste gedeelte van 2–3 m dikte ontkalkt en grijs gekleurd. De kalkrijke „grijze" keileem is donker gekleurd. De rode keileem heeft een lutumgehalte tot boven 35%, de ontkalking is meestal slechts tot een geringe diepte doorgedrongen.
Een grindanalyse door Zandstra (1962) van grijze en rode keileem afkomstig uit de omgeving van St.-Nicolaasga laat het volgende beeld zien.

	Grijze keileem	*Rode keileem*
kwarts	11%	3%
vuursteen	9%	—
porfier	½%	—
overig kristallijn	48%	23%
kalksteen	—	50%
rest	32%	24%

De rode keileem is vermoedelijk afkomstig uit het gebied van de Botnische Golf. De herkomst is te bepalen aan de hand van de erin voorkomende zwerfstenen (Van der Kley & De Vries, 1941; Van der Lijn, 1958). In het noordelijke deel der Friese Wouden komen enkele afwijkende keileemsoorten voor. In de omgeving van de Tieke en Surhuisterveen komt een gelig-crèmekleurige, plastische keileem voor, die zeer kalkrijk is en waarin pijpjes mergel aanwezig zijn (Cnossen & Heijink, 1958).
Na de afzetting heeft de keileem lange tijd aan de oppervlakte gelegen. Verwering en bodemvorming werden hierdoor mogelijk. De verwering maakte de keileem gemakkelijk aantastbaar voor erosie. Grote hoeveelheden geërodeerd materiaal zijn dan ook in latere perioden door het water en de wind afgevoerd. De bodemvorming resulteerde voornamelijk in het verplaatsen van kleideeltjes naar beneden en het uitlogen van het materiaal. Door de ontkalking en de uitloging heeft de grijze keileem bovenin veelal een lage pH (pH 4 à 5). In hoger gelegen posities bijvoorbeeld in Gaasterland, is een sterk ontwikkeld profiel ontstaan. Behalve een verplaatsing van kleideeltjes komt er een sterke *roodkleuring* in voor van allerlei ijzerverbindingen. Het Rode Klif heeft hieraan zijn naam te danken. Een dergelijk roodgekleurd profiel is ook aanwezig in het Oude Mirdumer Klif en ten noorden van Sondel.
De ondiep gelegen keileem oefent een sterke invloed uit op de waterhuishouding der zandgronden. Dit is van grote landbouwkundige betekenis aangezien de waterhuishouding sterk bepalend is voor de produktiecapaciteit en rentabiliteit van de gronden.
De keileem heeft door de grote dichtheid en dus het geringe poriënvolume een stagnerende invloed op de interne waterafvoer der gronden. Dit is in de gronden waar de keileem tussen ca. 70 en 120 cm beneden maaiveld voorkomt

gunstig. De gewassen – in Friesland overwegend gras – kunnen hiervan vooral in het groeiseizoen profiteren. Bij extra veel regenval kan de stagnerende keileemondergrond echter te hoge grondwaterstanden veroorzaken. 's Winters zijn hoge grondwaterstanden d.w.z. minder dan 40 cm beneden maaiveld algemeen.
De keileem heeft als gunstig effect, dat ze in staat is in droge perioden water aan de wortels te verschaffen. Het water wordt via de kleine capillairen aan het grondwater onttrokken. Het gevolg is dat het grondwater vrij diep wegzakt in de zomer. Grote en snelle fluctuaties van het grondwaterniveau behoren tot het normale beeld van de waterhuishouding in de zandgronden met een keileemondergrond ondieper dan 1,25 m.
Bij een diepte van minder dan 60 cm beneden maaiveld heeft de keileemondergrond een storende invloed. Reeds bij een enigszins hogere neerslag zal de grond te nat worden en een verminderde draagkracht krijgen, hetgeen aanleiding geeft tot vertrapping van de zode door het vee, en kapot rijden door machines. Het hoge leemgehalte dat meestal met een ondiepe keileemligging gepaard gaat, maakt deze gronden nog meer gevoelig voor wateroverlast en vergroot het gevaar voor ziekten bij het vee (o.a. leverbot).

HET KEIZAND

Veenenbos (1954) introduceerde het eerst in Friesland het begrip keizand. Hiermee wordt aangeduid het zandige residu van de keileem na de verwering en het verlies der fijnere deeltjes. Het keizand is hierdoor een grof aanvoelend iets lemig zand met duidelijk waarneembare „rest"-stenen, meestal vuurstenen. Na de latere dekzandafzetting is door de vorstwerking of kryoturbatie een menging met het keizand opgetreden. Dit is in de Friese Wouden het meest voorkomende type in gronden met een ondiepe ligging van de keileemondergrond.
Op de grens van de keileem met het keizand wordt in vele gevallen een verhoogd percentage stenen aangetroffen. Opvallend is, dat de stenen van boven steeds door een duidelijk waarneembaar kapje van klei-rijk materiaal zijn afgedekt. Een teken, dat fijne bodemdeeltjes zich *in* het profiel van boven naar beneden verplaatsen. Alleen in Gaasterland zijn keizandgronden gekarteerd. Het betreft de kaarteenheid 111. In het verweringsmateriaal van de keileem zijn hier podzolen ontwikkeld, de keileem is meestal ondieper dan 80 cm aanwezig.

HET DEKZAND

Het dekzand is een typische windafzetting, afkomstig uit de Würmijstijd. In het toen heersende *toendraklimaat* met felle stormen en lage zeestanden deden zich op grote schaal verstuivingen voor. Ook het zandpakket in het Friese zandlandschap behoort tot het dekzand. Volgens Maarleveld (1960a) en Maarleveld & Van der Schans (1961) zou de heersende windrichting tussen noordwest en zuidwest geweest zijn.
Op grond van verschillen in korrelgrootte, gelaagdheid en de aanwezigheid van oude begroeiingshorizonten in de profielen, worden tegenwoordig twee soorten dekzand onderscheiden:
a het Oudere dekzand
b het Jongere dekzand

Het Oudere dekzand

Het Oudere dekzand dateert uit het Pleniglaciaal B. Dit is de periode uit de Würmijstijd, waarin nog volop een toendraklimaat heerste. Het Oudere dekzand vertoont de zo typische gelaagdheid van afwisselend uiterst fijne, sterk lemige en iets grovere zandbanden. Algemeen is aangenomen, dat dit materiaal afkomstig is uit de toenmaals drooggevallen Eemzee, die een vrij groot deel van Friesland bedekt heeft. Ook zou een deel uit de Noordzee afkomstig zijn (o.a. Vink, 1949).
Wij zijn van mening (Cnossen & Heijink, 1965) dat eveneens materiaal van het Oudere dekzand afkomstig is van de keileem. De in het Eemien en een groot deel van de Würmijstijd onbedekt gebleven keileem was onderhevig aan allerlei verwerings- en afbraakprocessen. In het Pleniglaciaal B vormde deze verweerde keileem een gemakkelijke prooi

Fig. 13. Hoge podzolgrond in Jonger dekzand. Op ca. 80 cm – mv. bevindt zich een oude oppervlakte-horizont: de Laag van Usselo (Foto Stichting voor Bodemkartering R33–126).

voor de wind.[1] Vele erosiedalletjes in de keileem stoven dicht. Hierin heeft het Oudere dekzand vaak dikke, sterk lemige banden, die met de diepte toenemen in dikte en lemigheid.
De afzetting van het Oudere dekzand had een zeer grote invloed op het landschap. Dit veranderde van een grillig keileemlandschap in een zandlandschap met een rustiger reliëf. Ook de hydrologie werd sterk beïnvloed door de afzetting van het Oudere dekzand door verstopping van geultjes.

Het Jongere dekzand

Naar recente opvattingen worden alle dekzandafzettingen uit het Laat-Glaciaal *Jonger dekzand* genoemd (Van der Hammen, 1951). Mocht een onderscheid nodig zijn tussen de afzettingen van vóór en na de Allerødtijd, dan wordt de volgende indeling gemaakt: Vóór de Allerødtijd – Jonger dekzand I, erna – Jonger dekzand II. Als grens tussen I en II vindt men in de hoge ruggen bijna altijd de *Laag van Usselo*. Dit is meestal een lichtgrijze, iets lemige horizont van 10 à 15 cm dikte, die naar boven en naar beneden uitstulpingen vertoont, de zgn. „vingers" (fig. 13). De Laag van Usselo vertegenwoordigt een oude oppervlakte-horizont, waarin de bovengenoemde kenmerken restanten van een oud bodemprofiel zijn. Meestal zitten er ook houtskoolpartikels in en plaatselijk stenen werktuigjes, van een vroegere bewoning (Hijszeler, 1947).
In lagere posities is in deze Allerødtijd een veenlaag ontwikkeld. De in de zandpakketten besloten hypnaceëen-veenlaag wordt vaak met de plaatselijke benaming „hotte" aangeduid (Cnossen, 1961). Het Jongere dekzand I zou corresponderen met het door Veenenbos (1954) beschreven regionale dekzand.
In het Jongere dekzand II zijn naar landschappelijke ligging twee sub-types te onderscheiden:
a het *lokale type*, dat plaatselijk rugvormig is afgezet. Hierin bevindt zich meestal een Laag van Usselo. Door deze afzetting is het *reliëf* meer geaccidenteerd.
b het *gordeltype*, dat zich als een gordel tussen de Friese Wouden en het Lage Midden bevindt (zie fig. 10 voor een globale begrenzing). Het Jongere dekzand van het gordeltype heeft de volgende kenmerken:

1. de *textuur* is matig fijn, d.w.z. de voornaamste fractie is die van 150–210 mu, terwijl de leemfractie (< 50 mu) nagenoeg geheel ontbreekt.
2. de *doorlatendheid* is groot. Behalve bij profielstoringen is de grondwaterstand in dit dekzandtype gemakkelijk te beïnvloeden.
3. de *begrenzing* aan de oostzijde is scherp. In hoge formaties soms steil, o.a. ten oosten van Boornbergum en langs de Tjonger.
4. de *nivellerende werking* op het reliëf van het onderliggende Oudere dekzand, waardoor een zwak golvend landschap is ontstaan. Het lokale Jongere dekzand heeft het reliëf echter onrustiger gemaakt.

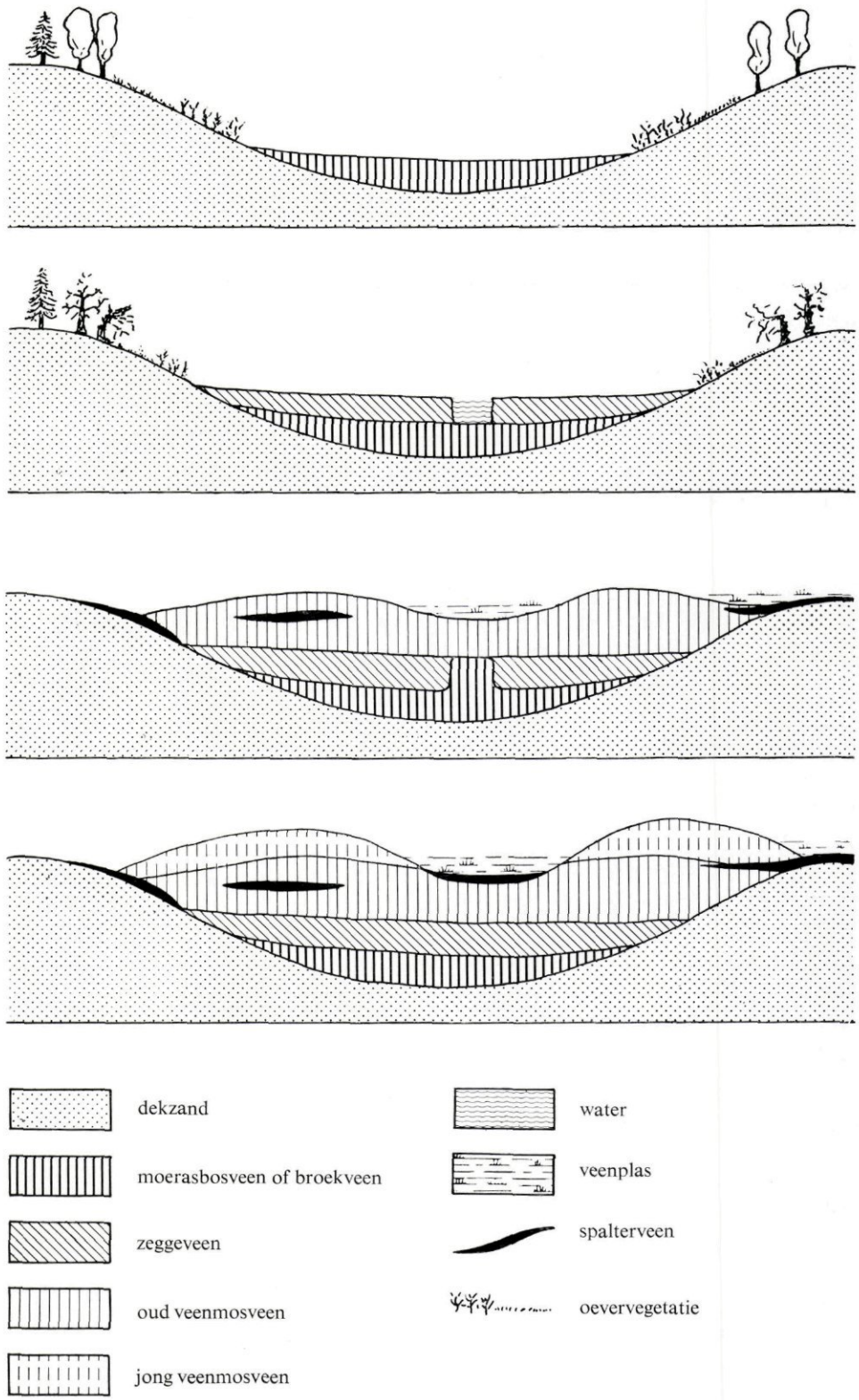
Naar analogie van de herkomst van het Oudere dekzand zouden we ook voor het Jongere dekzand het brongebied willen zoeken in de naaste omgeving t.w. westelijk en midden-Friesland. Hier immers lag veel van het geërodeerde keileemmateriaal der Friese Wouden dat door o.a. de Boorne en Draait was afgevoerd. De heersende westelijke winden in het Laat-Glaciaal zorgden voor het transport terug naar het oosten (Cnossen & Heijink, 1965; Cnossen & Zandstra, 1965).

HET VEEN

Veenvorming vindt plaats wanneer de produktie van organisch materiaal groter is dan de afbraak. De conservering ontstaat doordat bij afwezigheid van bodemleven geen afbraak kan optreden. Dit komt zowel voor in natte als in droge omstandigheden. In het eerste geval wordt de werking van het bodemleven door een teveel aan water verhinderd, in het tweede geval door een gebrek aan water. In de natte gebieden zal de veenvorming sneller gaan door een betere groei der planten en een hogere organische-stofproduktie. Het veen is in verschillende perioden ontstaan.

[1] Het lemige karakter van het Oudere dekzand zou dan ontstaan zijn door uitwaaien van de leemfractie uit de keileem.

Fig. 14. Schematische voorstelling van de bedekking van een dekzandgebied door veengroei.



Het oudste veen dateert uit het Pleniglaciaal B (ca. 25 000 j. v. Chr.) en het Laat-Glaciaal (8 000 à 10 000 j. v. Chr.); het *hotteveen*, een veenlaag die de ondergrens van het Jongere dekzand II vormt, stamt uit de Allerødtijd (ca. 9 000 j. v. Chr.). De veengroei in het Holoceen was een uitbreiding van de bestaande veengroei in depressies en geultjes (zie fig. 14). Deze werd door verschillende factoren in de hand gewerkt:

1. het klimaat werd gaandeweg gunstiger voor plantengroei.
2. door de stijgende zeespiegel werden de grondwaterstanden verhoogd, waardoor betere voorwaarden voor vegetatie en veenvorming ontstonden.
3. door de afzetting van de Jongere-dekzandgordel werd ook de afwatering in de Friese Wouden sterk verslechterd.

Aan het eind van het Atlanticum (4 000 à 3 000 j. v. Chr.) vond tijdens een gematigd warm en vochtig klimaat in geheel Friesland een grote uitbreiding van het veen plaats.
In de dalen is het veen meestal ontstaan in een iets voedselrijkere omgeving, onder invloed van het water uit de stroompjes. We vinden hier dan ook mesotroof *broekveen* bestaande uit resten van o.a. zeggen en elzen.
Verdere uitbreiding van het veen geschiedde door het *veenmos*. Dit mos leeft onder voedselarme omstandigheden van het water dat het zelf vast kan houden. Hieruit ontstond het *oligotrofe* of *voedselarme veenmosveen*, waaruit het merendeel van het Lage Midden bestaat. De geringe eisen die het veenmos stelt en de steeds meer verslechterde waterafvoer bevorderden in de Friese Wouden vooral in de tweede helft van het Subboreaal (2 000 à 1 500 j. v. Chr.) een grote uitbreiding van de veengroei, waardoor zelfs hoge zandruggen door een veenpakket konden worden bedekt (Veenenbos, 1954; Cnossen, 1961; Cnossen & Heijink, 1965)[1]. Zie ook figuur 14.
Waar het veen onbelemmerd, tot na het begin der jaartelling, kon blijven doorgroeien, ontstond in het hoogveengebied het jonge *veenmosveen* of *bolsterveen* op het reeds aanwezige oude veenmosveen. Het oude veenmosveen wordt wel *zwartveen* genoemd en het bolsterveen *witveen*.
In het oude veenmosveen vinden we behalve veenmossen ook de resten van andere planten, o.a. heide, wollegras, veenbes. Het bolsterveen bestaat uitsluitend uit bladveenmossen. Door de gunstige eigenschappen van de bolster wat betreft de opname en afgifte van water (sponswerking) is en wordt het op grote schaal gebruikt in de land- en tuinbouw voor grondverbetering en het afdekken van drainages. Vroeger werd de bolster gewonnen voor de fabricage van aanmaakturf. Figuur 31 geeft een overzicht van de voormalige veengebieden aan de hand van de achtergebleven sporen van de vervening zoals wijken, vaarten, petgaten en veenkoloniën. Deze reconstructie toont dat enkele eeuwen geleden uitgestrekte delen van de Friese Wouden bedekt waren met een min of meer dik pakket veen.

HET STUIFZAND

Na de afzetting der dekzanden is het landschap begroeid geraakt, waardoor het zand tegen winderosie werd beschermd. Het vernielen van de vegetatie op droge gronden door de mens is er de oorzaak van geweest, dat de wind op verscheidene plaatsen weer vat op het dekzand heeft gekregen. Hierdoor ontstonden de stuifzanden.
De stuifzanden zijn in het algemeen gekenmerkt door een geringe of geheel afwezige bodemvorming[2]. In Friesland hebben de stuifzanden vergeleken met de dekzanden een vrij geaccidenteerd oppervlak. Opvallend is de zeer uniforme korrelgrootteverdeling van het zand. De leemfractie is nagenoeg afwezig, de meeste zandkorrels vallen in de fractie 150–210 mu. Stuifzand is meestal te herkennen aan de iets humeuze, zg. „vuile"-banden in het profiel, als restanten van overstoven oppervlaktehorizonten.
We kennen *oude* en *jonge* stuifzanden. De oude komen o.a. voor in Gaasterland (bijv. Rijsterbos). Hier is het stuifzand reeds zo oud, dat er een goed ontwikkelde podzol in is ontstaan. Deze gronden zijn bij kaarteenheid 118 gerekend. De jongere stuifzanden liggen bij Bakkeveen en Appelscha (kaarteenheid 124). Het jonge stuifzand is nog goeddeels „in beweging" (fig. 15). Het ontstaan is vooral gebonden aan de dunne keileemlaag in de ondergrond

[1] In vele gevallen is onder het veen een meer of minder dikke *meerbodemlaag* aanwezig. Dit is meestal een sterk lemig tot kleiig sediment met een hoog gehalte aan organische stoffen met een bruine leverachtige kleur. De meerbodems zijn ontstaan in een waterrijk milieu als gevolg van verstopping door het instuiven van de fijne zandfracties gelijktijdig met een begroeiing. Ten noorden van Drachten, achter de Jongere-dekzandgordel komt dit type als kaarteenheid 134 voor.
[2] Voor een omschrijving van het begrip bodemvorming zie pag. 83.

Fig. 15. Stuifzandgebied bij Appelscha; kaarteenheid 124 *(Foto J. D. de Jong).*

waardoor ter plaatse diepere grondwaterstanden voorkwamen. De hierdoor droge zandgronden konden slechts een geringe verstoring verdragen. Voorts is er een duidelijk verband tussen de aanwezigheid van een oude bewoningskern en het ontstaan van stuifzanden. In dit verband wijzen we op de nabij gelegen esgronden van Oud-Appelscha, die helaas niet op de kaart zijn weergegeven.
De oppervlakte bedraagt ca. 700 ha; de jongere stuifzanden hebben een grote waarde voor de recreatie.

HET SPOELZAND

Onder deze plaatselijke benaming wordt verstaan het door *water* verplaatste en uitgewassen dekzand. Typisch voor het nieuwe sediment is de spierwitte kleur en de aanwezigheid van verslagen veenbandjes. Het komt alleen voor op de overgang van het zandlandschap naar het Lage Midden.
Het ontstaan is nauw verbonden met de hoge waterstanden in de Friese boezem vóór de beheersing. Het hoge water doodde de vegetatie. De golfwerking kon daarna het zand aantasten. De sedimentatie vond meestal op korte afstand plaats. De dikte der lagen kan sterk variëren. Een bekend gebied van spoelzand, de Wit Akkers in Gaasterland, heeft zijn naam aan het witte spoelzand te danken. Het spoelzand is niet op de kaart weergegeven.
In de praktijk geven de spoelzanden bij enige dikte der laag in het profiel spoedig aanleiding tot verdroging i.v.m. de moeilijke bewortelbaarheid van het zeer humusarme witte zand. Door het toepassen van grondverbeteringen zijn in de meeste gevallen de landbouwkundige bezwaren opgeheven.

DE BEWONINGS- EN ONTGINNINGSGESCHIEDENIS DER ZANDGRONDEN

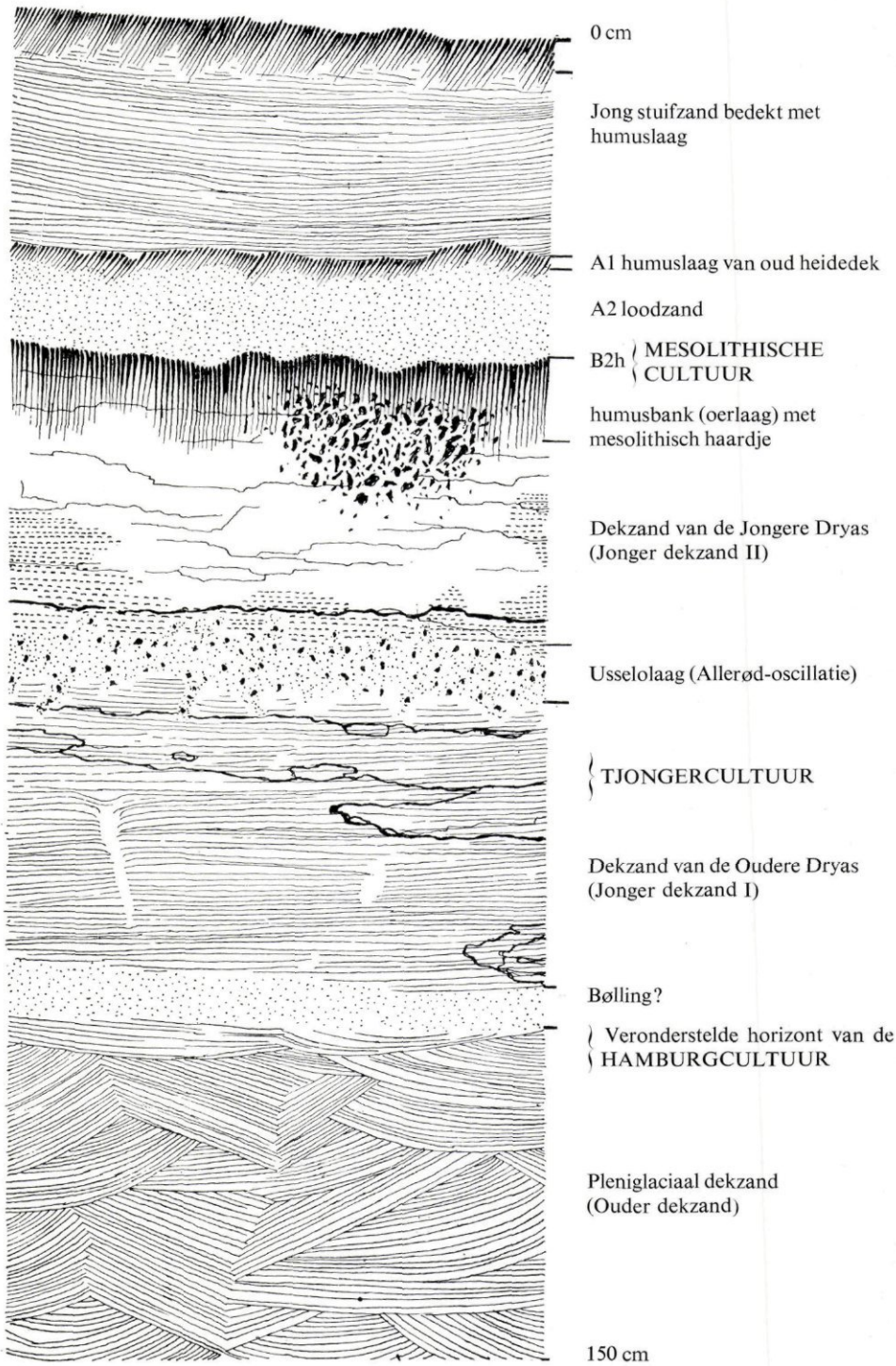
Meer dan 10 000 jaar geleden was er reeds bewoning in de Friese Wouden. Dit blijkt uit de archeologische onderzoekingen van o.a. Van Giffen (1936), Bohmers & Houtsma (1961), Waterbolk (1954) en Popping (1933). Uit de gevonden resten van deze bewoning heeft men kunnen afleiden, dat het rendierjagers moeten zijn geweest, die als nomaden door het gebied trokken.
Permanente bewoning was in die tijd waarschijnlijk nog niet mogelijk, omdat het klimaat na de Würmijstijd daarvoor weinig kansen bood. De resultaten van de onderzoekingen wijzen op een ouderdom van ca. 11 000 j. v. Chr. Men noemt deze oudste bewoningsperiode het *Paleolithicum* (zie tabel 2).

Tabel 2. Overzicht van de bewoningsperioden in de zandgebieden, met de ouderdom en de bijbehorende geologische periode (naar diverse auteurs, o.a. Waterbolk, 1954)

Bewoningsperiode			*Ouderdom in j. v. Chr.*	*Geologische periode*
IJzertijd			700	Subatlanticum
Bronstijd			1400– 700	Subboreaal
Steentijd	Neolithicum (hunebedden)		2500–1400	Atlanticum
	Mesolithicum		7500–2500	Boreaal
	Paleolithicum	Tjongercultuur	9000	Preboreaal
		Hamburgcultuur	12000–7500	Laat-Glaciaal
			11000	

De eerste bewoning valt ongeveer samen met de periode, waarin het klimaat na het Pleniglaciaal een duidelijke verbetering moet hebben ondergaan: de Bøllingtijd. De vondsten uit deze tijd bestaan geheel uit stenen gebruiksvoorwerpen, die sterk georiënteerd zijn op de jacht: zoals pijlpunten, mesjes en bijlen. Deze werktuigen vertonen een grote gelijkenis met vondsten nabij Hamburg. Aan deze bewoningsperiode wordt daarom de naam *Hamburgcultuur* gegeven.
Vindplaatsen in Friesland worden door Bohmers & Houtsma (1961) gemeld van de Heide van Duurswoude en bij Ureterp.
Met het verslechteren van het klimaat, verdween de mens en zijn sporen werden door het toen gesedimenteerde Jongere dekzand afgedekt (zie fig. 16).
Enkele duizenden jaren later komt er weer bewoning in deze gebieden. Ook hiervan zijn sporen teruggevonden in de vorm van stenen werktuigjes. Vermoedelijk zijn het weer rendierjagers geweest. De bewoning valt samen met de periode van klimaatverbetering, die in grote delen van Europa heeft geheerst. Dit is de Allerødtijd, waaruit ook de Usselo-laag afkomstig is. Merkwaardig is, dat veel van de vondsten juist in deze laag zijn geconcentreerd. H. J. Popping was een der eersten, die deze sporen ontdekten; hij verzamelde ze en herkende ze als een andere dan de Hamburgcultuur.
Naar de eerste vindplaatsen noemt men de tweede bewoningsperiode de *Tjongercultuur*. Ze wordt gedateerd omstreeks 9000 j. v. Chr.; sporen ervan bevinden zich op minstens 80 cm à 1 m diepte beneden maaiveld.
In de bovenste lagen van het zandpakket kan men hier en daar ook allerlei vuursteenmateriaal aantreffen (zie fig. 16).
We hebben ook hier weer te maken met restanten van een vroegere bewoning. Deze behoort tot het zg. *Mesolithicum* en wordt gedateerd ca. 7500–2500 j. v. Chr.
De bewoningsperiode van ca. 2500–1400 j. v. Chr. wordt het *Neolithicum* genoemd. In deze periode hebben ook de

Fig. 16. Profiel van de opgraving Duurswoude Oud Leger (uit: Bohmers & Houtsma, 1961).



hunebedbouwers geleefd. In Friesland kennen we alleen het hunebed in Gaasterland, dat door Van Giffen aan de hand van de nog resterende bodemsporen als zodanig kon worden herkend. Hoewel door sommigen betwijfeld, menen wij, op grond van de bodemgesteldheid t.w. hooggelegen gronden, dat dit gebied reeds zeer lang voor de jaartelling mogelijkheden bood voor een bewoning, waarbij de benodigde keien geleverd werden door de plaatselijk aan de oppervlakte liggende keileem. Ook de oude esdekken en de bodemvorming van de ondergrond wijzen op een langdurige menselijke invloed.
Kenmerkend voor de hierboven besproken bevolkingsgroepen was het nomadische karakter van wonen. We moeten echter bedenken, dat de bewoning der eerste groepen alleen in de zomer mogelijk was, zoals de rendierjagers in Lapland heden ten dage nog met hun kudden met de zomer op en neer trekken.
Verder was de bodemvruchtbaarheid der zandgronden zo gering, dat het verscheidene jaren achter elkaar verbouwen van cultuurgewassen niet mogelijk was.
Door de uitbreiding van de bevolking en het verdelen van het land, ontstaat op den duur een meer „vaste" bevolking. Het hoofdmiddel van bestaan wordt nu de landbouw in plaats van de jacht. Door een aangepast en zorgvuldig beleid is het de toenmalige mens gelukt zich op eenzelfde plaats te handhaven, door de bodemvruchtbaarheid en de gebruikswaarde te verhogen.
Naar de ouderdom, de manier van ontginnen en de dikte der ontstane dekken kunnen we in Friesland de volgende ontginningstypen onderscheiden (Cnossen & Heijink, 1958; Cnossen & Heijink, 1965; Edelman, 1954; Veenenbos, 1954):

1. *de oude ontginningen*
   a. de essen (bouwvoordikte meer dan 50 cm).
   b. de oude bouwlanden (de dikte der bouwvoor varieert tussen 35 en 50 cm).
2. *de veenontginningen*
3. *de jonge ontginningen*
4. *de moderne ontginningen*

DE OUDE ONTGINNINGEN

De oude ontginningen dateren uit de tijd dat de mens aangewezen was op de *natuurlijke vruchtbaarheid* der gronden. In het zandlandschap was deze vruchtbaarheid gering, zodat de uitoefening van een blijvend landbouwbedrijf een moeilijke opgave was. De bewoning was gevestigd op de hoogste delen der dekzandplateaus, bij voorkeur in de buurt van water (fig. 17).
In die tijd heeft men uitsluitend het gesloten gemengde bedrijf gekend. De bouwlandprodukten, meest granen, waren voor de eigen consumptie, de veestapel had als hoofdtaak de mestproduktie. Deze mest was noodzakelijk om de vruchtbaarheid van het bouwland op peil te houden. De veestapel bestond voor een groot deel uit schapen die op de heide „graasden" en 's nachts ten behoeve van de mestproduktie in de potstal werden opgesloten (fig. 18). Beschikte men over de natuurlijke weidegronden langs de beekjes, dan kon men koeien in het bedrijf opnemen. Dit was zeer waardevol met het oog op de grotere mestproduktie en de melkgift.
Als strooisel in de potstal gebruikte men meestal heideplaggen. De gedroogde plaggen hadden tot doel de gier te absorberen, waardoor verspilling van plantenvoedsel werd voorkomen.
Door het eeuwenlange gebruik van deze potstalmengmest werden de bouwlandpercelen opgehoogd met een dikke zwarte bovengrond op een ongestoorde ondergrond. De oude bouwlanden waar de bovengrond 70 à 80 cm dik is, worden *essen* of *enken* genoemd (fig. 19). Meestal liggen ze iets bol. Op de Bodemkaart zijn ze als eenheid 114 aangegeven bij Oosterwolde, Oud Appelscha en Tronde. Ook in Gaasterland komen essen voor o.a. bij Oude- en Nijemirdum. De meest noordelijke es ligt bij Hoogzand aan het Bergumermeer[1].
De kleur van de esdekken is meestal *zwart*. In Gaasterland komen echter ook dekken voor met een *bruine* kleur. Het kleurverschil hangt nauw samen met de gebruikte plaggen in de potstallen. De zwarte kleur wijst op een gebruik

[1] Helaas is deze es niet op de Bodemkaart vermeld.

van heideplaggen, de bruine kleur op plaggenmateriaal van een betere kwaliteit, bijv. met klei, keileem. Behalve het verhogen van de bodemvruchtbaarheid door de potstalmest werd tevens bereikt dat men op den duur geen last (meer) had van te hoge grondwaterstanden.
Door de grote vochtvoorraad, die het humeuze dek kon vasthouden werd tevens het gevaar voor verdroging opgeheven. Ook in de zandgebieden elders in Nederland kent men de essen. Kenmerkend voor de essen is, dat ze meestal in kleine oppervlakten voorkomen, die scherp begrensd zijn.
De vruchtbaarheid en de grootte der esgronden hingen zeer nauw samen met de oppervlakte heidegronden, die bij de dorpsgemeenschap behoorde. Immers de grootte der heidevelden bepaalde het aantal schapen, dat meedeed aan de mestproduktie.
Toen de bevolking zich uitbreidde, ontstond een voedseltekort door de beperkte produktiemogelijkheden van de

Fig. 17. Overzicht van de ontginningsbovengronden in de Friese zandgebieden.

zwarte oude bouwlanden (essen), met een humushoudende bovengrond dikker dan 50 cm

bruine oude bouwlanden (essen), met een humushoudende bovengrond dikker dan 50 cm

oude bouwlanden en veenontginningen, met een humushoudende bovengrond van 30–50 cm dikte

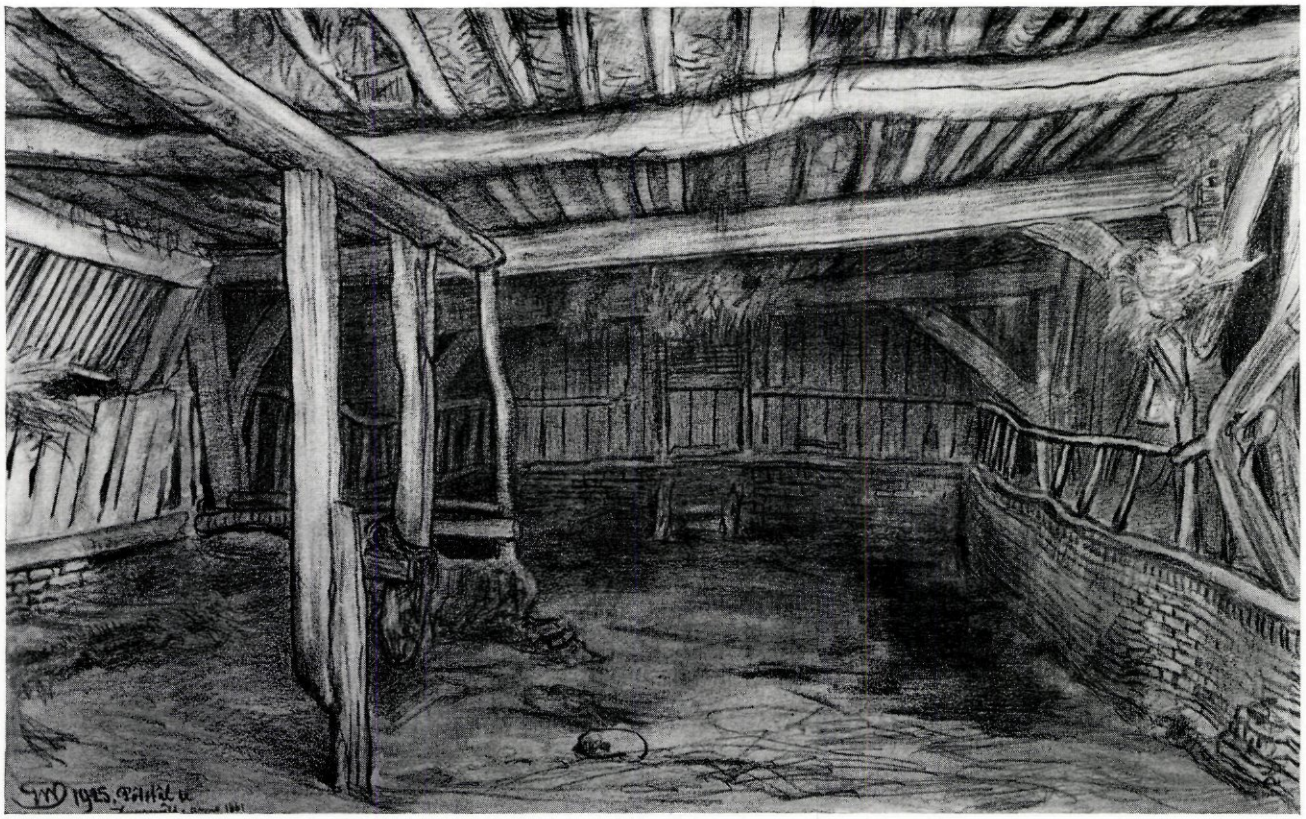


Fig. 18. Een uit 1661 daterende potstal te Duurswoude, naar een tekening van Ids Wiersma (uit: Spahr van der Hoek, 1961).

esgronden. Een deel van de bevolking was genoodzaakt zich te vestigen op de lagere gronden in een „niemandsland". Men paste hier in tegenstelling tot de gemeenschappelijke esgronden een *verkaveling* toe. Dit was een „stroken" verkaveling, waarbij de „plaatsen" meestal van beekje tot beekje liepen. Het was een bijzonder eerlijke verdeling van de natuurlijke gronden, want iedere boer kreeg de beschikking over hoog en laag land. De gebouwen stonden langs een verbindingsweg, de zg. lijkweg (fig. 20).

Het hoge land bij de boerderijen werd met de potstalmest en 't gebruik als bouwland gestadig opgehoogd. De benodigde weide- en hooilanden lagen langs de beekjes. Hier tussenin lag een woest stuk heidegronden, dat gebruikt werd als schapenweide en plaggenleverancier. De dikte van het humeuze dek van de *oude bouwlanden* is geringer dan van de essen en bedraagt 35 à 45 cm. Evenals bij de essen is de onderliggende ondergrond vrijwel ongestoord. De oppervlakte is echter veel groter. Zijn de esgronden steeds gelegen op hogere zandgronden, de oude-bouwlanddekken worden zowel op hoge als op lage zandgronden aangetroffen en zelfs op veengronden. Omtrent de ouderdom der oude-bouwlanddekken is in Friesland nog weinig bekend (Veenenbos, 1954).

Uit karteringen in verschillende gebieden bleek, dat in de noordelijke Wouden de verbreiding der oude-bouwlanddekken groter is dan in het zuidelijke deel. Tevens waren er twee markante verschillen tussen deze gebieden. In het noordelijke deel der Wouden komen nog zeer veel „wildwallen" voor rond de „kampen" met een oud-bouwlanddek. Deze wildwallen – opgeworpen aarden wallen met een dichte houtbegroeiing van meidoorn[1] als perceelsafscheiding – komen in het zuidelijke deel weinig (meer?) voor.

Onder de oude-bouwlanddekken in het noorden worden humuspodzolen aangetroffen die geen of weinig invloed vertonen van een heidevegetatie. In het zuidelijke deel daarentegen hebben de meeste humuspodzolen onder het oude-bouwlanddek duidelijke sporen van een heidevegetatie (Cnossen & Heijink, 1958).

[1] De Friese benaming ‚hagedoarn' geeft de oude functie weer.

Fig. 19. Es of enk. Op de zandondergrond met een podzolprofiel is door eeuwenlange bemesting met mest uit de potstallen een 70 à 80 cm dik, humeus dek ontstaan.

(Foto Stichting voor Bodemkartering R27–69).

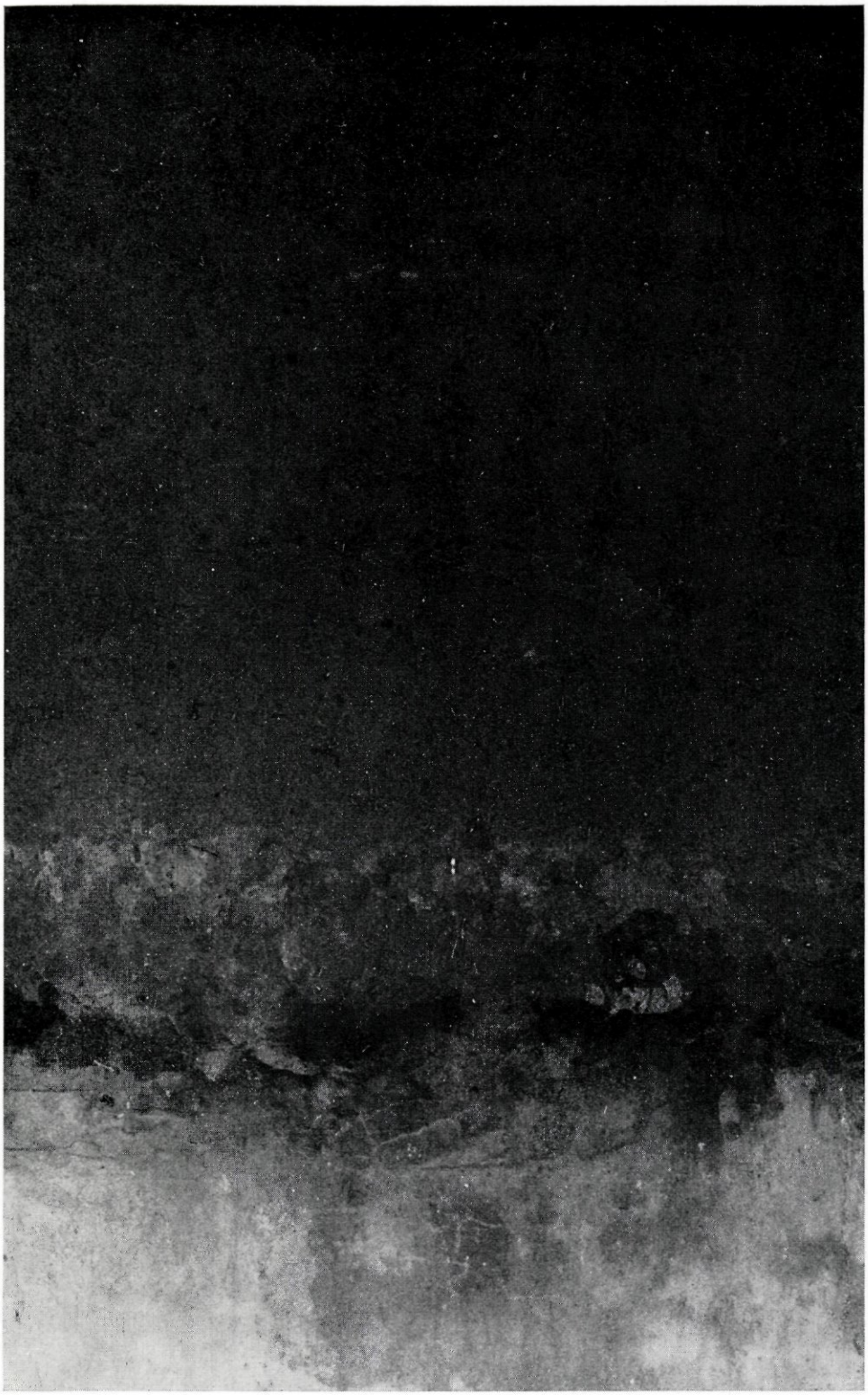
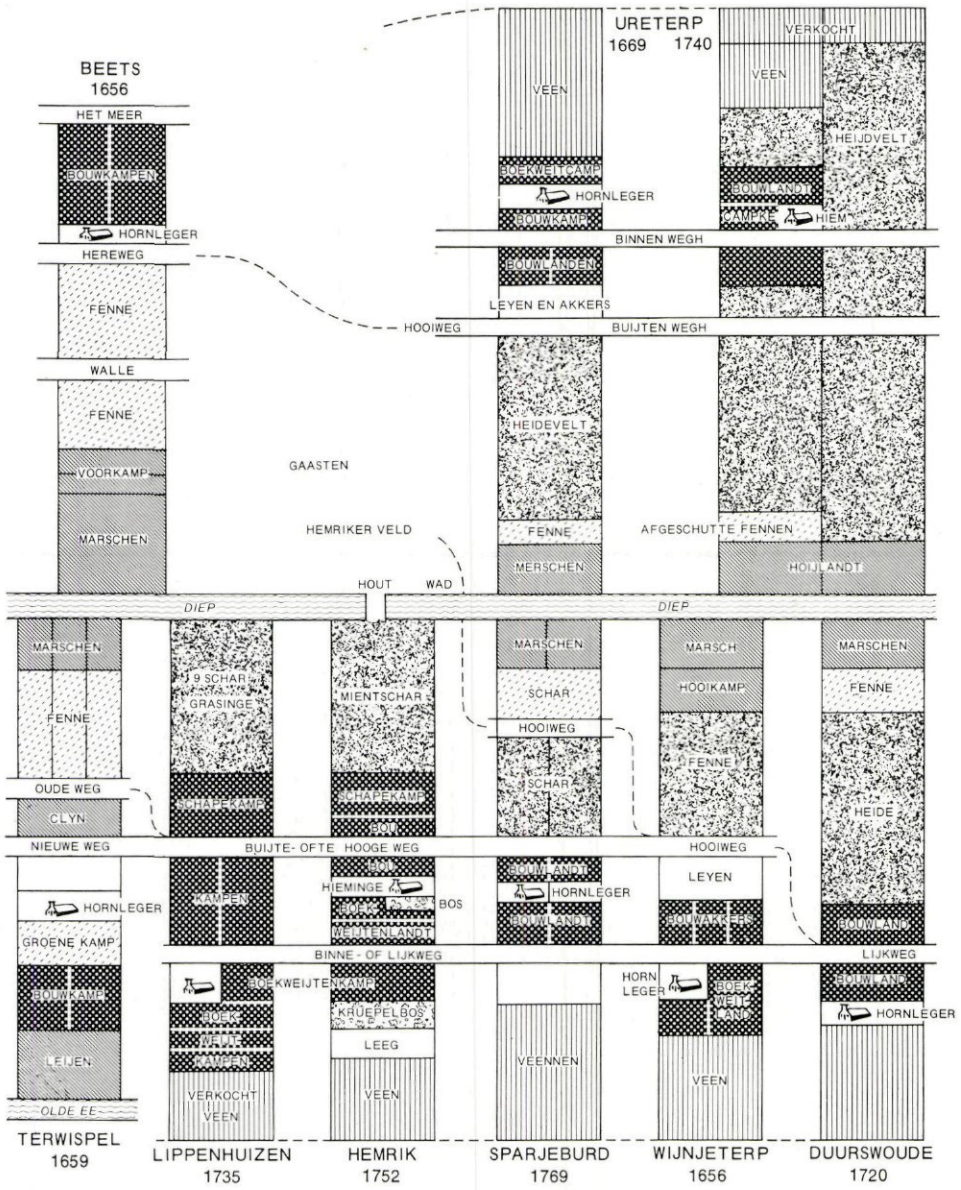


Fig. 20. Schematische voorstelling van de karakteristieke hoeven langs de bovenloop van de Boorne (Diep), naar gegevens uit de 17e en 18e eeuw (ontleend aan: Spahr van der Hoek, 1961).

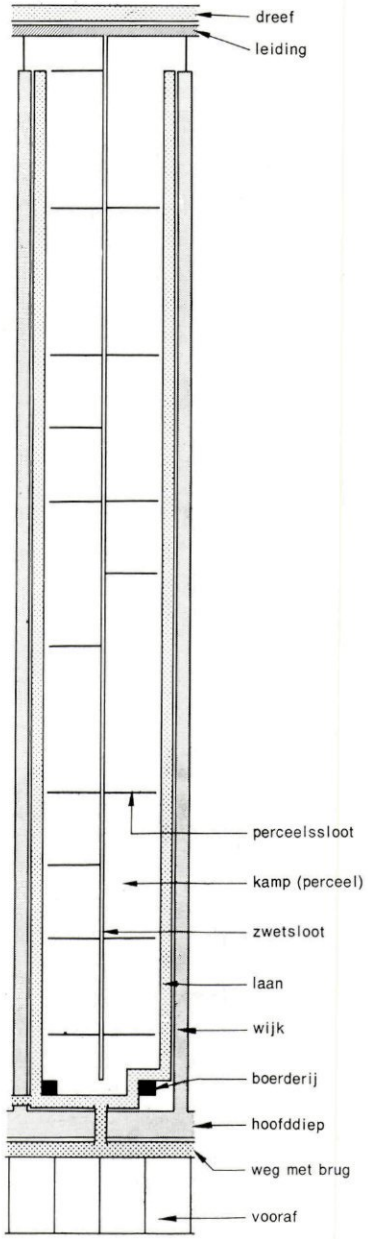


Uit de bovenstaande verschillen zou te concluderen zijn, dat het noordelijke deel der Wouden eerder bewoond werd dan het zuidelijke deel.
Ook in Gaasterland en de andere zandgebiedjes komen de oude-bouwlanddekken veelvuldig voor op een ongestoorde ondergrond met weinig of geen invloed van een heidevegetatie. Wildwallen komen hier vrij algemeen voor.

DE VEENONTGINNINGEN

Afgezien van eerdere verveningen voor en door de plaatselijke bevolking werden de hoogvenen na ca. 1600 op grote schaal afgegraven (fig. 31). In de Friese Wouden lagen in die tijd uitgestrekte hoogveengebieden.
Kenmerkend voor „levend" veen is de natheid. De hoge grondwaterstanden zijn voor de vervening ongeschikt.

Fig. 21. Schema van de mogelijke opbouw van twee veenkoloniale plaatsen (naar Van Duin & Van Wijk, 1965).



Alvorens men in de 16e en 17e eeuw op grote schaal ging vervenen was het noodzakelijk, dat het veengebied ontwaterd werd. Deze ontwatering was voor de vervener belangrijk om de volgende redenen:

a. men kon de veenspecie „in-den-droge" verwerken.
b. men had een „droog" zetveld om de turf te drogen.
c. de latere ontginningen konden direct aanvangen.

De grote afgravingen kwamen tot stand onder de Heeren Compagnons (Schoterlandse-, Opsterlandse- en Drachtster-)[1]. Gebruik makende van de oost-west helling der Friese Wouden begon men de exploitatie vanuit het westen.

[1] Resp. gevestigd te Heerenveen, Gorredijk en Drachten.

Fig. 22. De vervening „in-den-droge" bij Fochteloo. *(Foto J. D. de Jong)*

Eerst werd een brede vaart gegraven – de Compagnonsvaart – waarop smallere dwarsvaarten – de wijken – aansloten (fig. 21). Men verkreeg nu een natuurlijke afstroming van het water en tevens een transportweg voor de turf (Cnossen & Heijink, 1965).

Door de prima ontwatering was het mogelijk het veen tot bijna op het zand af te graven. Hierdoor is het te verklaren dat het veen vrijwel geheel is verdwenen. Van het restveen is een deel door de boekweitbrandcultuur verdwenen, ook werd een deel als „arbeidersturf" gebruikt. De restanten zijn opgenomen in de latere bovengrond.

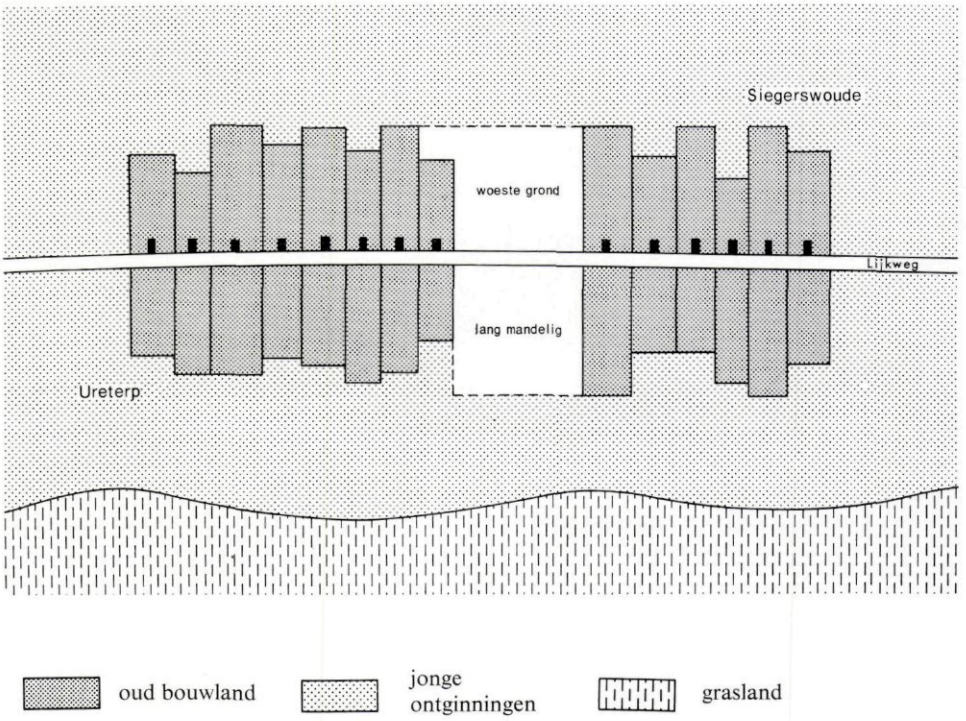
Na het vervenen kwam de oude zandbovengrond weer tevoorschijn. Hiermee werd de mogelijkheid voor het maken

van cultuurgrond geschapen. Reeds van het begin der vervening hebben de Compagnons ook de *ontginning* der ondergronden behartigd. Deze ontginning bestond uit het egaliseren van het oude zetveld en het bezanden ervan met de stortgrond die afkomstig was uit de wijken en vaarten. Daar deze kanalen nogal diep waren bestond een deel van de stortgrond uit het lemige oude dekzand en uit keileem zodat de veenontginningen merendeels een sterk lemige bovengrond hebben. Door vermenging met het restveen ontstond een gunstig organische-stofgehalte. Voor het verhogen van de bodemvruchtbaarheid werd behalve stalmest, ook huisvuil en stratendrek gebruikt (Cnossen & Heijink, 1965). Het resultaat is geweest een ca. 30 à 40 cm dik dek, waarin stukjes baksteen en brokjes keileem en veen getuigen zijn van het ontstaan via de verveningen.
In de hogere gebieden komt plaatselijk een restveenlaagje voor. Dit wordt „bitter" genoemd en heeft landbouwkundig slechte eigenschappen door de hoge zuurgraad en de geringe doorlatendheid en bewortelbaarheid.
Een dikkere storende restveenlaag komt vooral voor in de lager gelegen gronden, o.a. tussen Heerenveen en Gorredijk en in de omgeving van Drachten.
Landschappelijk zijn de veenontginningen gekenmerkt door de veelvuldig voorkomende wijken. Dit kenmerk geldt *niet* meer voor de allerjongste veenontginningsgronden in het gebied bij Fochteloo. De noodzakelijke drooglegging van het veen geschiedt door normale kavelsloten. Dit is voldoende omdat het gebied niet groot is en vooral, omdat de afvoer van de turf na 1950 geheel per as plaatsvindt (zie fig. 22).

DE JONGE ONTGINNINGEN

Na omstreeks 1900 werd de bedrijfsvoering door de opkomst van de kunstmest minder afhankelijk van de grootte der veestapel voor de mestproduktie. Grote oppervlakten woeste grond werden geploegd en in cultuur gebracht. De bewerkingsdiepte was gering: 20 à 25 cm. De jonge ontginningsgronden zijn dan ook gekenmerkt door een

Fig. 23. Schematisch weergegeven ligging van oude bouwlanden en jonge ontginningen rond Ureterp en Siegerswoude. Tussen de dorpsgebieden ligt een stuk „niemandsland", dat vroeger in gemeenschappelijk gebruik was (ontleend aan: Spahr van der Hoek, 1961).



25 à 30 cm dikke bovengrond, op een gedeelte van het podzolprofiel, dat in veel gevallen landbouwkundig storend werkt.
De bovengrond, die ontstaan is door het mengen van het bovenste deel van het podzolprofiel, is meestal nog vrij heterogeen. In fig. 23 wordt een schematisch overzicht gegeven van de oude en de jonge ontginningen bij Ureterp en Siegerswoude.
De grens tussen de oude en jonge ontginningen heeft, zoals uit fig. 23 blijkt, een grillig verloop. Globaal kan worden gesteld, dat de jonge ontginningen in hoofdzaak aan de buitenkant der hooi- of buitenwegen liggen en de oude ontginningen aan weerszijden van de zg. lijkwegen.

DE MODERNE ONTGINNINGEN

Dit jongste ontginningstype dateert van ca. 1920. Bij de moderne ontginning wordt de grond tot ca. 60 à 80 cm losgemaakt. De humusinspoelingslaag van het podzolprofiel wordt naar boven gebracht, terwijl landbouwkundig storende lagen, o.a. loodzand (skier sân), naar beneden verdwijnen. De ontginning gaat samen met egalisatie. Typerend voor gronden in moderne ontginningen is de heterogene profielopbouw.

II DE VEENGRONDEN

Spreken we in Friesland over het veenlandschap, dan bedoelen we het laaggelegen veengebied dat tussen het klei- en het zandgebied ligt, en meestal het *Lage Midden* wordt genoemd.
Het veen hier is ontstaan door opeenhoping van planteresten, die geconserveerd werden in een waterrijk en dus

Het Lage Midden *(Foto J. D. de Jong)*

zuurstofarm milieu. In zulk milieu is de produktie van organische stof groter dan de vertering ervan. De planteresten zijn, afhankelijk van de snelheid van conservering en van de soort vegetatie al of niet goed herkenbaar (heide, veenmos, berk, riet).
Tot de veengronden worden gerekend: gronden met minimaal 40 cm veen of venig materiaal binnen 80 cm beneden maaiveld.

DE VERSCHILLENDE VEENSOORTEN

In het Friese veenlandschap onderscheiden we drie soorten veen:
1. *Veenmosveen*: ontstaan in een milieu dat uitsluitend op regenwater was aangewezen, dus onder voedselarme omstandigheden (oligotroof). Meestal is het vrij sterk vergaan. Goed herkenbaar zijn de plukken vezelig materiaal afkomstig van het eenarig wollegras (Eriophorum vaginatum), meestal *lok* genoemd. Ook treft men er veel wortels van heide en sporenkapsels van veenmos in aan. In geoxydeerde toestand is het zwart, in gereduceerde toestand roodbruin.
2. *Zeggeveen*: gegroeid in een iets voedselrijker milieu (mesotroof); het is dan ook meestal te vinden langs de waterlopen, die voedselrijk water aanvoerden. Gewoonlijk bestaat het uit een nogal amorfe veenmassa met kleine, grijze, van zeggen afkomstige worteltjes. Ook zitten er riet- en houtresten in. Kenmerkend zijn de gele of oranje zaadjes van het waterdrieblad (Menyanthes trifoliata).
3. *Spalterveen*: een zeer dun gelaagde veensoort, ontstaan uit fijne vezelige veenmossen (Sphagnum cuspidatum). Ingeval ondiep en voldoende dik aanwezig, veroorzaakt deze veensoort het zg. *schalter*, waarbij het land een hobbelig oppervlak verkrijgt (zie ook pag. 50).
Op de kaart zijn deze veensoorten niet specifiek aangegeven, maar worden ze tot het *laagveen* gerekend. Dat wil zeggen dat ze laag liggen ten opzichte van de hooggelegen venen in het zandlandschap. Het laagveen ligt beneden NAP.

DIKTE EN OUDERDOM VAN HET VEEN

Doorgaans hebben de veengronden in het Lage Midden een ca. 3 m dik veenpakket, dat op een zandondergrond rust. Daarentegen hebben de verveende gebieden en randstroken langs de zandgronden een aanmerkelijk dunnere veenlaag.
De dikte van een eventueel kleidek bedraagt maximaal 40 cm; is dit dek dikker dan zijn de gronden tot de kleigronden gerekend.
Het Lage Midden maakt deel uit van het grote veengebied dat zich in het Holoceen op de pleistocene zandondergrond van westelijk-, midden- en noordelijk-Friesland heeft ontwikkeld. De klimaatverbetering tijdens het Holoceen bracht een sterke zeespiegelrijzing teweeg en bood in het toen aan de oppervlakte liggende zandlandschap groeimogelijkheden voor een vegetatie. De grondwaterstanden liepen ten slotte zo hoog op, dat zich mogelijkheden tot veenvorming voordeden. Welhaast zeker begon de veengroei het eerst in de laagste delen van het landschap, net als in de Friese Wouden.
Het veenpakket is meestal als volgt opgebouwd: zeggeveen; daarboven het oligotrofe veenmosveen. Ook is vele malen geconstateerd, dat de basis van het veen veel grote boomstammen bevat. Er wordt wel eens beweerd dat de ligging van deze stammen west-oost is.
In de omgeving van geulen en veenstroompjes, waar iets voedselrijker water werd aangevoerd, bestaat het gehele pakket veen uit zeggeveen en soms uit *broekveen*, waarin zich nog houtresten bevinden.
Aan de ouderdom van het veen hebben verschillende onderzoekers aandacht besteed.
Volgens Florschütz (1941) is de veengroei bij Parrega, Doniaga en Oud Hof (bij Hommerts) respectievelijk in het Boreaal, Boreaal en in het Atlanticum begonnen, dus 6000–7000 j. v. Chr. Volgens Veenenbos (1954) begon de veengroei in het randgebied van de Noordoostpolder eveneens in het Boreaal. Het begin van de groei van het veenpakket in en rond het Princenhof stelt Van Zeist (1950) op boreale ouderdom. Eigen pollenanalytisch onderzoek op andere plaatsen in de provincie, o.a. bij Leeuwarden (twee maal), Sijbrandaburen, Bolsward en Staveren leidde ook tot de

conclusie dat de onderste venige laag in het Boreaal ontstaan moet zijn; de „grote" veengroei begon in het Atlanticum.
Het bemonsterde profiel bij Staveren (in de bouwput van het J. L. Hoogland-gemaal) was als volgt opgebouwd:

0– 70 cm lichte klei (knippig)
70–150 cm zware knipklei
150–355 cm veen
355–560 cm zand
560 cm en dieper keileem (blauw gereduceerd)

Het oppervlak van de zandondergrond bevindt zich op ca. 3,70 m beneden NAP.
Het bemonsterde veenprofiel tussen 1,50 en 3,55 m beneden maaiveld is door Dr. Polak pollenanalytisch als volgt gedateerd (zie ook bijl. 2):
„Dit profiel bevat nagenoeg het gehele Holoceen, beginnend in het Boreaal, waar een Pinus en een Corylus maximum zijn opgetreden. Tussen 330 en 337 cm begint het Atlanticum (snijding der Alnus-Pinuslijn). Op 280 cm treedt de Ulmus-val op, het begin van het Subboreaal. Ook de teruggang van de iep wordt hier definitief. Op 200 cm gaat de beuk zich uitbreiden en verschijnt Carpinus regelmatig, het Subatlanticum".
De veengroei begint hier dus in het Boreaal (ca. 7000 j. v. Chr) en eindigt eerst in het Subatlanticum (omstreeks het begin van de jaartelling). In bijl. 2 valt op, dat in het boreale veen nog een flinke zandbijmenging heeft plaatsgevonden. Vermoedelijk is er in de buurt nog materiaalverplaatsing – misschien vanaf het Rode Klif – mogelijk geweest.

INVLOEDEN VAN DE ZEE

Een groot deel van Friesland is in de loop der tijden onder invloed van de zee geraakt, waarbij een dik pakket klei is afgezet. Deze kleilaag bedekt het oorspronkelijke veenlandschap, dat in het Atlanticum ontstond. Onder de druk van het kleipakket is het veen sterk ingeklonken. In analogie met westelijk-Nederland, waar het veen in eenzelfde positie ligt, wordt deze veenlaag wel het „veen-op-grotere-diepte"genoemd; een betere naam is „basis-veen".
Doordat zij bleef stijgen, kon de zee ook tot in het Lage Midden doordringen. Een tastbaar bewijs hiervan is een meer of minder dikke kleilaag, die *over* heel het gebied werd afgezet. Echter ook *in* het veenpakket worden kleiige lagen aangetroffen. Op grond van de ouderdom van deze verschillende kleiafzettingen kunnen daarom tweeërlei perioden van zee-invloeden worden onderscheiden, namelijk die van *vóór* ca. 500 j. v. Chr. en die van *na* ca. 500 j. v. Chr.

DE ZEE-INVLOEDEN VÓÓR CA. 500 JAAR VOOR CHR.

Terwijl de zee het noorden en westen van Friesland met een kleilaag bedekte, groeide het veen in het Lage Midden gestadig door. Als gevolg van een voortdurende stijging drong de zee 3000 à 4000 jaar geleden (in het Subboreaal) ook het Lage Midden binnen. Dit is nog duidelijk zichtbaar aan de plaatselijk in het veenpakket aanwezige kleilagen; deze hebben een sterk variërende dikte, hetgeen nauw verband houdt met de afstand tot de aanvoergeul. Een zeer belangrijke toegang tot het Lage Midden verschafte o.a. de Boorne via de Middelzee. Het invloedsverschil van de zee blijkt als volgt: Van Zeist (1950) constateerde zee-invloed in de venen in en rondom het Princenhof als twee dunne kleibandjes[1]. Cnossen (1958) vond bij Sijbrandaburen ten zuiden van de Middelzee een kleilaag tussen het veen van ca. 2,50 m dik. In het veenpakket bij Staveren (zie bijl. 2) is géén zee-invloed waarneembaar.
De invloed van de zee is in de zuidwest-hoek zeer beperkt gebleven; in de omgeving van de Middelzee daarentegen was ze sterk.
Toen de zee-invloed verminderde, kon het intact gebleven veen over de kleilaag heen groeien. Deze veengroei begon ca. 1000 j. v. Chr. en eindigde, afhankelijk van de tijd waarin het veen opnieuw werd overstroomd, plaatselijk vóór en plaatselijk zelfs na het begin van de jaartelling.

---

[1] We kennen twee mogelijkheden voor het ontstaan van kleibanden in het veen:
1. Afgezet op het veen en daarna weer overgroeid;
2. Afgezet tussen het veenpakket waarvan de bovenlaag als gevolg van de overstroming omhoog was gedreven (de zg. split-up).

Op de rand van het klei- naar het veengebied is het mogelijk door veenlagen gescheiden kleibanden aan te treffen. Beschrijving van een profiel bij Sijbrandaburen:

0–105 cm	lichte klei en zavel
105–130 cm	grof *zeggeveen* met rietwortels
130–198 cm	kleiig *zeggeveen* naar beneden overgaande in humeuze klei
198–440 cm	blauwe lichte *klei* tot zware zavel; op de grens naar het veen: humeuze klei
440–460 cm	*zeggeveen*
460— cm	zand (pleistoceen)

Uit pollenanalytisch onderzoek door Prof. Florschütz bleek dat de bovenste veenlaag tussen 105 en 198 cm vermoedelijk gedeeltelijk in het Subboreaal en gedeeltelijk in het Subatlanticum is ontstaan.

DE ZEE-INVLOEDEN NA CA. 500 JAAR VOOR CHR.

In deze periode drong de zee sterk op en verbreedde haar invloed in het Lage Midden vooral via de Middelzee en vele zijgeulen. Een groot gebied werd als gevolg hiervan met een kleilaag afgedekt. Dit gebeurde in de periode van 200 à 300 j. v. Chr. tot ca. 50 j. na Chr., die bekend staat als de *preromeinse transgressieperiode.*

Nadat de zee weer was teruggetrokken, brak opnieuw een periode aan waarin bijna het gehele veengebied van het Lage Midden met een kleilaag werd afgedekt. Dit vond plaats van ca. 300–800 j. na Chr. Deze kleilaag behoort tot het type *knipklei.* Het is een zeer zware kalkarme stugge klei, die door haar stevigheid mogelijkheden voor bewoning bood.

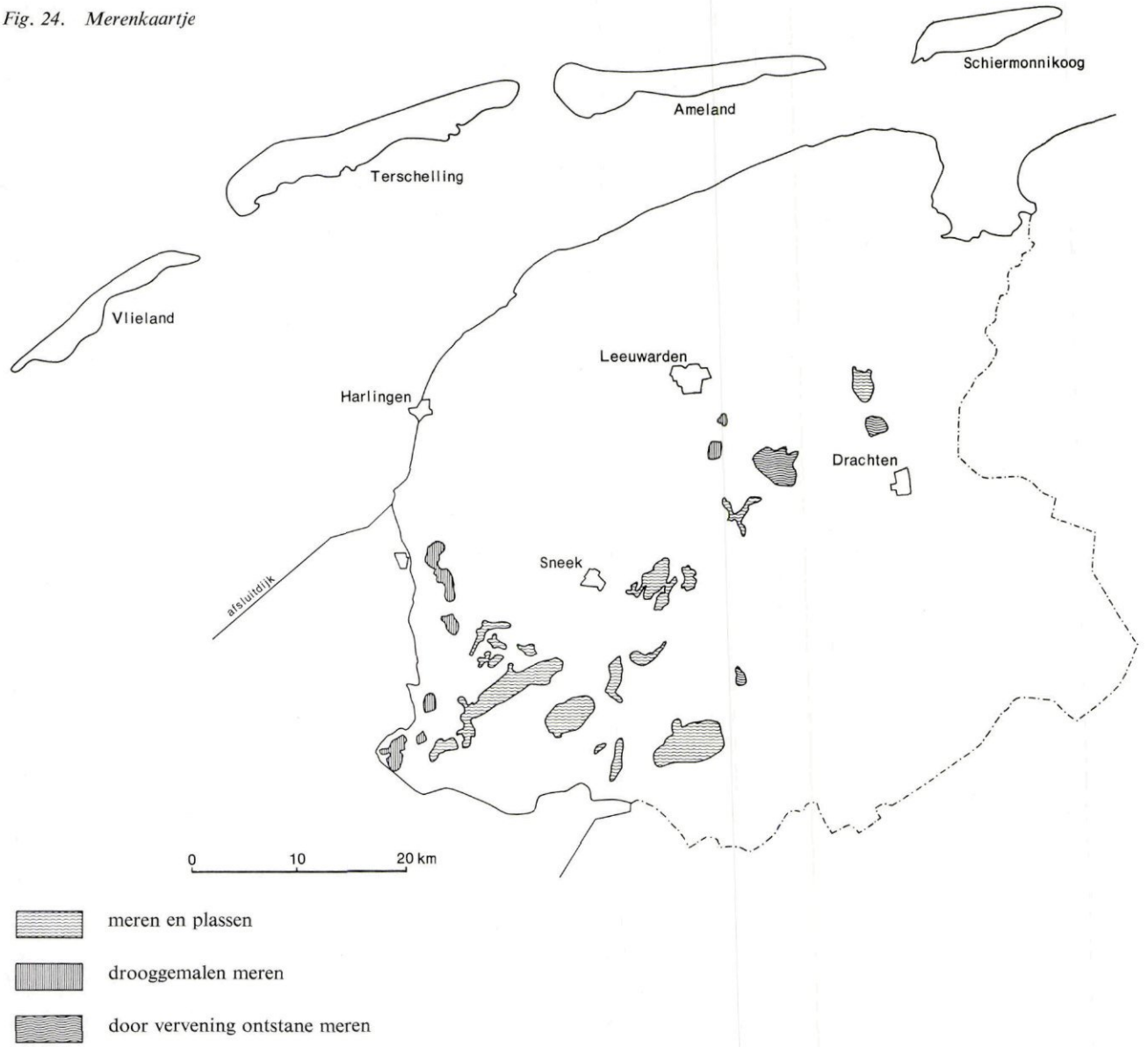
De Middelzee, die toen reeds flinke afmetingen had, drong ver zuidwaarts het veengebied binnen. De afzetting van de knipklei vond via geulen en prielen plaats; dit is op de kaart mooi te zien. Ten oosten van Oldeboorn vinden we nog een dik pakket knipklei op het veen in een smalle strook langs de Boorne. Eveneens langs de Boorne is het dikke kleipakket ten westen van Beets afgezet (kaarteenheid 38). Ten zuiden van Akkrum zien we twee en tussen Hommerts en Woudsend één kleiwig het veengebied binnendringen. Dit zijn de oude kreken die het slibrijke water aanvoerden en waarlangs een dikkere kleilaag is afgezet. In het noorden werd vrijwel heel het veengebied door een meer dan 40 cm dikke knipkleilaag afgedekt. Deze laag bedekt zelfs nog een deel der aangrenzende zandgronden en vormt daarmede de gebroken gronden (eenheid 153).

De laatste belangrijke invloedsfase van de zee voltrok zich in de Late Middeleeuwen, omstreeks 1100 à 1200. In deze periode ontstond o.a. de Zuiderzee. Nu kon de zee ook van het westen uit het Lage Midden binnendringen, vooral in het zuidwesten. De gevolgen zijn groot geweest. In deze periode zijn veel meren ontstaan of vergroot. Ook vond sedimentatie plaats: langs de kust werden soms dikke pakketten afgezet als een soort kustwal (bijvoorbeeld kaarteenheid 31 tussen Hindeloopen en Staveren). Het westen werd veel minder bewoonbaar door de nabijheid van de zee.

DE MEREN

Karakteristiek voor het Lage Midden zijn de vele meren en plassen, die voornamelijk in de zuidwesthoek liggen en gezamenlijk een oppervlakte van ca. 10 000 ha innemen (fig. 24). De meeste van deze meren zijn in de Late Middeleeuwen ontstaan of vergroot door erosie (omstreeks 1000 à 1400). Door afslag en inbraken werd het grote veengebied tussen Friesland en Noordholland opgeruimd. Hierdoor ontstonden de Waddenzee en de Zuiderzee. Vóór het ontstaan van de Zuiderzee lag het Lage Midden in zuidwestelijk Friesland enigszins beschermd als „achterland". Na het ontstaan van de Waddenzee en de Zuiderzee werd het Lage Midden direct aan de zee-invloed blootgesteld. Het sterkst aan deze transgressies onderhevig waren uiteraard de gebieden langs de kust en de overgangsgebieden tussen de klei- en veengronden, waar zowel in als op het veenpakket humeuze of slappe kleilagen waren afgezet. Weinig bestand tegen de vernielende krachten van de zee, konden deze kleilagen gemakkelijk worden opgeruimd. Ook is het waarschijnlijk dat bestaande poelen en plassen hierdoor vergroot werden. Als gevolg van erosie langs de kust zijn o.a. de volgende meren ontstaan: de Makkumer-, Parregaaster-, Workumer-, Haan-, Flait-, Noorder- en

Fig. 24. Merenkaartje



Zuidermeer. Deze meren waren alle omringd door knipkleigronden, die in een eerdere periode werden afgezet. De ligging en opbouw van deze kleigronden in aanmerking genomen, en ook het feit dat in bepaalde gevallen uit het perceleringspatroon, dat rondom het meer reeds aanwezig was, als het ware een stuk is weggebroken, mogen we aannemen dat de meren later in deze kleigronden zijn ontstaan[1].

Ook worden in de meren restanten van het oorspronkelijke landschap teruggevonden, die een volkomen gelijke profielopbouw vertonen met het omringende land. Het betreft de eilandjes in de meren en de hoge „bulten" in de drooggemaakte meren.

Het lijkt ons zeer onwaarschijnlijk dat deze meren door verveningen zijn ontstaan. De afdekkende kleilagen waren dermate dik dat zij een vervening vrijwel onmogelijk maakten. Bovendien wordt van de grote hoeveelheid klei die

[1] De oude geulrestanten tussen Gaast en Piaam en ten zuiden van Workum, die loodrecht op de kust zijn georiënteerd, zijn hierbij ongetwijfeld van invloed geweest.

dan verplaatst zou zijn, niets teruggevonden. Wel is het bekend, dat in de Workumermeer de eerste 50 à 60 jaar na de drooglegging vervening heeft plaatsgehad, waarna men het land woest liet liggen.
Opmerkelijk is, dat de bovengenoemde meren langs de kust allemaal zijn drooggemaakt en in cultuur zijn genomen. Van de andere meren is dit het geval met die ten zuidoosten van Leeuwarden o.a. de Wargaaster- en Hempensermeer.
Het is dus zeer waarschijnlijk dat er een verband is tussen de plaats waar een meer is ontstaan en de genese en opbouw van de diepere ondergrond. Ter Wee (1962b) beschrijft dat het langgerekte merencomplex van Heegermeer, Fluessen en Morra gelegen is in een oud gletschertongbekken uit de Rissijstijd.
Opvallend is, dat volgens Pons & Wiggers (1960), in deze zelfde periode (Late Middeleeuwen) de vorming van de meren in Noordholland plaatsvond. Zowel in het veengebied (Beemster, Schermer, Purmer e.a.) als ook in het kleigebied van West-Friesland ontstonden veel meren of breidden reeds bestaande zich uit. In die tijd was Noordholland in het westen door een duinenkust tegen de zee-invloed goeddeels beschermd. Door het ontstaan van de Waddenzee en de Zuiderzee echter lag Noordholland evenals zuidwestelijk Friesland onbeschermd tegen de aanvallen van de zee, die daardoor op grote schaal vernielingen kon aanrichten.
De meren vervullen enkele zeer specifieke functies:
1. Zij vormen de boezem voor de provinciale waterhuishouding. In tijden van wateroverlast kunnen de polders op de boezem afmalen. Is er echter water te kort, dan kan men vanuit de boezem de polders van water voorzien.
2. Zij zijn een belangrijke schakel in het scheepvaartverkeer.
3. Zij bezitten een grote recreatieve waarde.

BEWONING

Omstreeks het begin van de jaartelling was er in het Lage Midden reeds bewoning, die afhankelijk van de invloed van de zee op de plaatselijke situatie, aanwezig bleef tot 1200 à 1300.
Hoe was in dit grote veengebied bewoning mogelijk?
Toen de zee ca. 4000 jaar geleden Friesland binnendrong, kwam daar een einde aan de veengroei. Wel werd het land bedekt met klei- en wadzandlagen, maar de ophoging hierdoor veroorzaakt ging langzamer dan die door de veengroei in het niet van zee beïnvloede veengebied. Door het gewicht van de klei- en zandlagen klonk het veenpakket sterk in. De ophogende werking van de veengroei beschermde het Lage Midden in die tijd tegen de zee. Daarom zouden we het gebied van die tijd eigenlijk het „Hoge Midden" moeten noemen. Door deze hogere ligging t.o.v. het reeds met zeeklei bedekte westen en noorden van Friesland was een natuurlijke afwatering naar zee steeds mogelijk. De toenmalige situatie verschilde dus totaal van de huidige in het veengebied. Deze voor bewoning aantrekkelijke omstandigheden bleven bestaan, zelfs nog nadat er een kleilaagje op het veengebied was afgezet, omstreeks het begin van de jaartelling. Het is zelfs mogelijk dat de omstandigheden voor bewoning beter werden door de zee-invloed. Langs de geulen en kreken ontstonden de iets hoger gelegen kreek- of oeverwallen als gunstige bewoningsplaats. De kleilaag gaf een vruchtbaarder en steviger bovengrond. Na verloop van tijd veranderden de omstandigheden en daarmede het „Hoge Midden" in het Lage Midden. Van de oorzaken die deze ingrijpende verandering tot gevolg hadden, kunnen we de volgende noemen:
1. Het steeds hoger opslibben van de zeekleigronden in het noorden en westen waardoor de waterafvoer werd belemmerd.
2. Het dichtslibben van de Middelzee en van andere waterafvoerende geulen.
3. Vrijwel het gehele veengebied raakte met een kleilaag bedekt, waardoor de veengroei ophield.
4. De aanleg van dijken o.a. de Leppedijk[1], waardoor de waterhuishouding aanmerkelijk verslechterde.
5. Als gevolg van cultuurmaatregelen (greppels en sloten) en de exploitatie der gronden trad inklinking op en zakte het maaiveld. Deze oorzaken brachten een verlaging van het oppervlak en een verhoging van de waterstanden te-

[1] De Leppedijk, vermoedelijk reeds aangelegd in de tweede helft der 13e eeuw (Van Buytenen, 1944), moest de gronden van Oostergoo beschermen tegen het water uit het Lage Midden, dat geen vrije afvoer meer had.

weeg. Het Lage Midden dat omstreeks het begin der jaartelling vrij goed bewoonbaar was, werd omstreeks 1200 geheel onbewoonbaar. Ook de verhoogde activiteit van de zee uit deze periode zal de bewoningsmogelijkheden ongetwijfeld hebben beknot.

Oude bewoningsresten zijn op verscheidene plaatsen in het Lage Midden gevonden en met behulp van scherfvondsten gedateerd. Cnossen (1958) vond bij Flansum oude bewoningsresten uit de eerste eeuw op een dunne kleilaag op het veen, die later door een jongere kleilaag is afgedekt (fig. 26). Evenals Santema (1955), Van der Schans & Vleeshouwer (1957) en Halbertsma (1955) meldt Elzinga (1962, 1964 en 1965) als resultaten van dateringen bij opgravingen in het klei-op-veengebied van het Lage Midden bewoningsresten op een dunne kleilaag op het veen uit de eerste eeuw. We noemen o.a. Lekkum, Sneek en Warstiens.

De resultaten van het onderzoek in Warstiens toonden duidelijk aan dat men op een dun kleidekje op het veen had gewoond. De verhoogde woongelegenheid was mede opgebouwd uit ter plaatse gegraven veen.

Deze bewoning heeft behalve scherfresten ook kleine vlakke terpjes, ook wel „húskoppen "genoemd, achtergelaten; te Warstiens ca. 50 cm hoger dan de omgeving. In het Lage Midden kon door Van der Schans & Vleeshouwer een ouder greppelsysteem worden onderscheiden, dat bij een bewoning uit het begin der jaartelling behoort. Cnossen (1958) constateerde een begreppeling, maar bovendien enige meters brede in het veen gegraven sleuven, die door een

Fig. 25. Het Lage Midden. Links op de achtergrond Grouw met er onder het Pikmeer. De Wijde Ee strekt zich uit van links naar rechts. (Foto KLM Aerocarto NV)

Fig. 26. Scherven uit de eerste eeuw na Chr., gevonden in een kleilaag op veen tussen Flansum en Irnsum.

jonger kleidek waren volgeslibd. Vermoedelijk zijn dit resten van een vervening uit de eerste eeuw. Het bovenstaande toont duidelijk dat het Lage Midden omstreeks het begin der jaartelling bewoond was.
Omstreeks 300 jaar na Chr. werd het veengebied vrijwel geheel door de zee overstroomd en raakte het door een nieuwe kleilaag bedekt. Dit is het zg. *knipklei-dek*. Ook op dit dek is bewoning aanwezig geweest, die in de Middeleeuwen (ca. 1200) door het water werd verdreven. De vele oude bewoningsplaatsen met resten van kogelpotten en Pingsdorfer aardewerk in de zg. „húskoppen" in o.a. de Haskerveenpolder, de Deelen en gebieden bij Wartena en Grouw, getuigen hiervan. Spahr van der Hoek (1961) acht het zeer waarschijnlijk, dat een deel van deze bewoners naar de Friese Wouden is geëmigreerd. Dit zou kunnen blijken uit het ontstaan van jongere dorpen in de Friese Wouden en het gebruik van de „hooilanden" in het Lage Midden door boeren uit de Friese Wouden. De naam „Hooiweg" zou in verband staan met het hooi-rijden in de zomer. Deze emigratie van bewoners uit het lage veengebied naar de

hogere zandgronden valt in de gehele Friese Wouden te constateren zowel langs de Linde en Tjonger als ook in Dantumadeel.

Nadat de mens ook hier het water ging beheersen, door inpoldering en bemaling, brak weer een tijd aan waarin bewoning mogelijk was. Deze drie bewoningsperioden zijn heel mooi zichtbaar op de luchtfoto van een gebied ten oosten van Warstiens (fig. 27). Hierop zijn de drie systemen van greppels duidelijk te herkennen als elkaar snijdende lijnen. Opvallend is het evenwijdig lopen van de greppels van een zelfde systeem. Het veengebied was toen net als nu door een in het algemeen rechthoekige percelering ingedeeld. De oude en later overslibde greppels zijn in het terrein duidelijk te herkennen als lagere natte stroken, gevuld met een slappe humeuze klei. Bij de oude verveners waren ze berucht als „legen". De verdronken terpjes of húskoppen zijn op de luchtfoto als ronde, lichtere vlekken zichtbaar.

Fig. 27. Gebied ten oosten van Warstiens, waar op dezelfde plaats verschillende greppelsystemen over elkaar voorkomen. Duidelijk zichtbaar zijn de oude geulpatronen en als ronde, lichtere vlekken de verlaten terpjes.
(Opname KLM Aerocarto NV; Archief Top. Dienst nr. 401–II–1)

Fig. 28. Petgaten, overgebleven na de vervening. De begroeiing met riet, biezen, water- en kruipwilg bevordert de verlanding der petgaten. (Foto J. D de Jong)

DE VERVENING

De bevolking in het veenlandschap heeft het veen steeds tot turf voor eigen gebruik verwerkt. Na ca. 1700 wordt dit op grote schaal uitgevoerd omdat de turf na de opkomst der steden en door de vraag naar brandstof van de industrie een handelsprodukt is geworden. Het veen kon in tegenstelling tot het hoog(gelegen)veen in de Friese Wouden niet afgegraven worden, maar werd met de veenschop of loete opgebaggerd: de zg. natte vervening. Na bewerkt te zijn werd het veen uitgespreid, gesneden en gedroogd tot turf. Het land veranderde hierbij in een waterplas. Vooral na de komst der *Gietersen* (1751) en de invoering van de nieuwe werkwijze met de *beugel*[1] veranderden grote gebieden in waterplassen. De grote wateroppervlakten vormden meren, die bij storm de omliggende gronden met afslag bedreigden. Als voorbeelden hiervan kunnen we noemen de Leijen en het Nannewijd.
Om catastrofen te voorkomen werden allerlei reglementen opgesteld. In het begin van de negentiende eeuw werden de veenpolders opgericht. Door vooraf kaden en bemaling aan te leggen werd de veenderij binnen dit gebied tegen overstromingen en te hoge waterstanden beschermd. Tevens werden plannen beraamd voor een ontginning na de vervening. Hieruit zijn verscheidene Veenpolders ontstaan o.a. de Haskerveenpolder, de Polders van het Vierde en

[1] Aan het eind van een lange stok was een ijzeren hoepel met een netje bevestigd. Het door de ijzeren hoepel afgesneden veen werd in het netje naar boven gehaald. De methode werkte sneller en nam alle veenspecie tot op het zand mee.

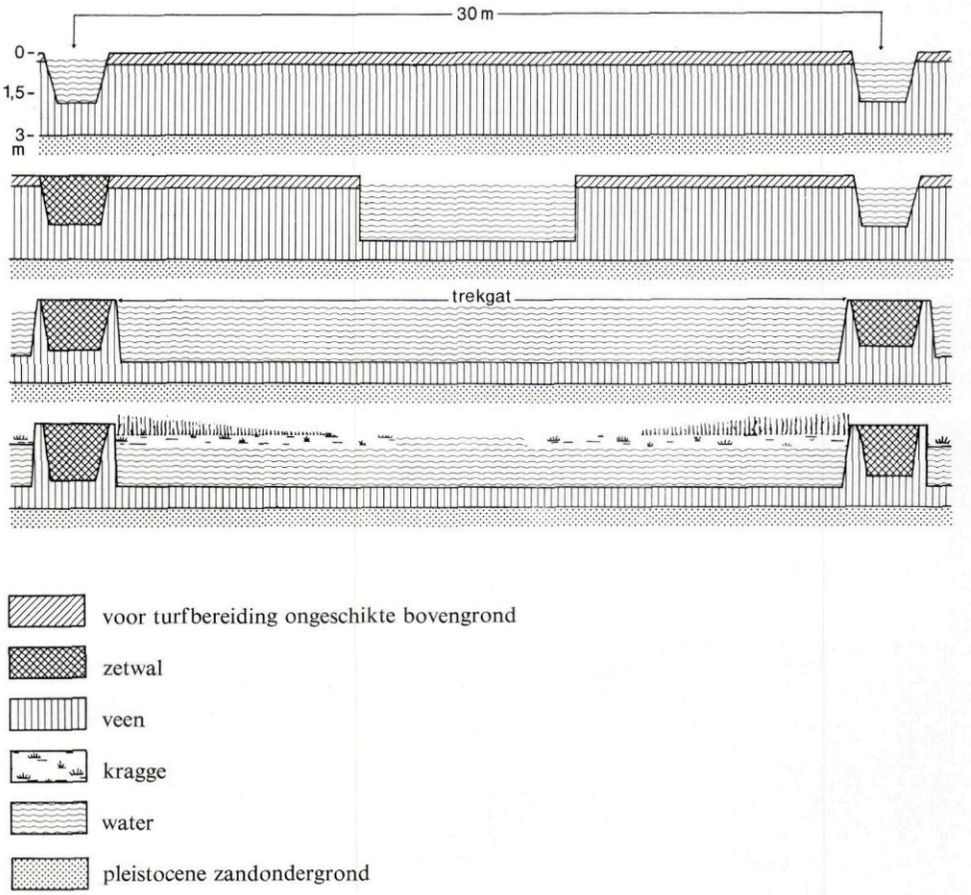
Vijfde en van het Zesde en Zevende Veendistrict. Ook werden de *slikgelden* ingevoerd: een soort verveningsbelasting. Men was verplicht per eenheid vergraven veen een bepaald bedrag in een fonds te storten. Uit dit fonds moesten worden betaald:

1. De polderlasten: In de praktijk wilde gewoonlijk niemand de vaste lasten van een uitgeveend perceel betalen. Het slikgeldenfonds waarborgde deze betaling.
2. De herontginningspremie: Wanneer een vergraven stuk land weer in een goed bruikbare cultuurstaat was gebracht, konden de op dat perceel berustende slikgelden worden uitbetaald.
3. De armengelden: Na de vervening bleef een armoedig gebied achter, waarin vaak een hoog percentage armlastigen ontstond. Uit de slikgelden konden hieraan uitkeringen worden gedaan.

Hoewel er vele mogelijkheden waren, kunnen we als principe het volgende systeem model laten staan:
De vervening van een stuk land begint in het midden. Bovengrond en kleilaagje (de bonkaarde) worden ter breedte van enige meters afgegraven en in de perceelssloten gestort. Het veen wordt naar beide kanten uitgewerkt, in de mengbak met water gekneed en vervolgens uitgespreid over het land. Door verdere bewerkingen o.a. snijden en drogen werd het veen tot turf gemaakt. Op deze manier werden de zg. *baggelaars* verkregen. Afhankelijk van de veensoort en de diepte werd meestal tot op het zand verveend.
Voor de vervening was het veenmosveen het meest gewild. Invloeden van de zee moesten liefst zo gering mogelijk zijn

Fig. 29. Petgatengebied (Driesenpolder) ten zuiden van Wolvega. Op de voorgrond de gekanaliseerde Linde met enkele fraaie oude meanders. (Foto KLM Aerocarto NV)

Fig. 30. Schematische voorstelling van het ontstaan van een trekgat met zetwallen (naar Haans, 1953).



o.a. in verband met te verwijderen kleilagen en in het veen achtergebleven zoutresten. Dit laatste was een punt van zware concurrentie tussen de turf uit het hoogveen, dat nooit invloeden van de zee had ondergaan en het laagveen, dat altijd enigszins door de zee beïnvloed is geweest.

De bovengenoemde voorkeur van de verveenders kwam voort uit de eisen die de gebruikers stelden; de turf moest:

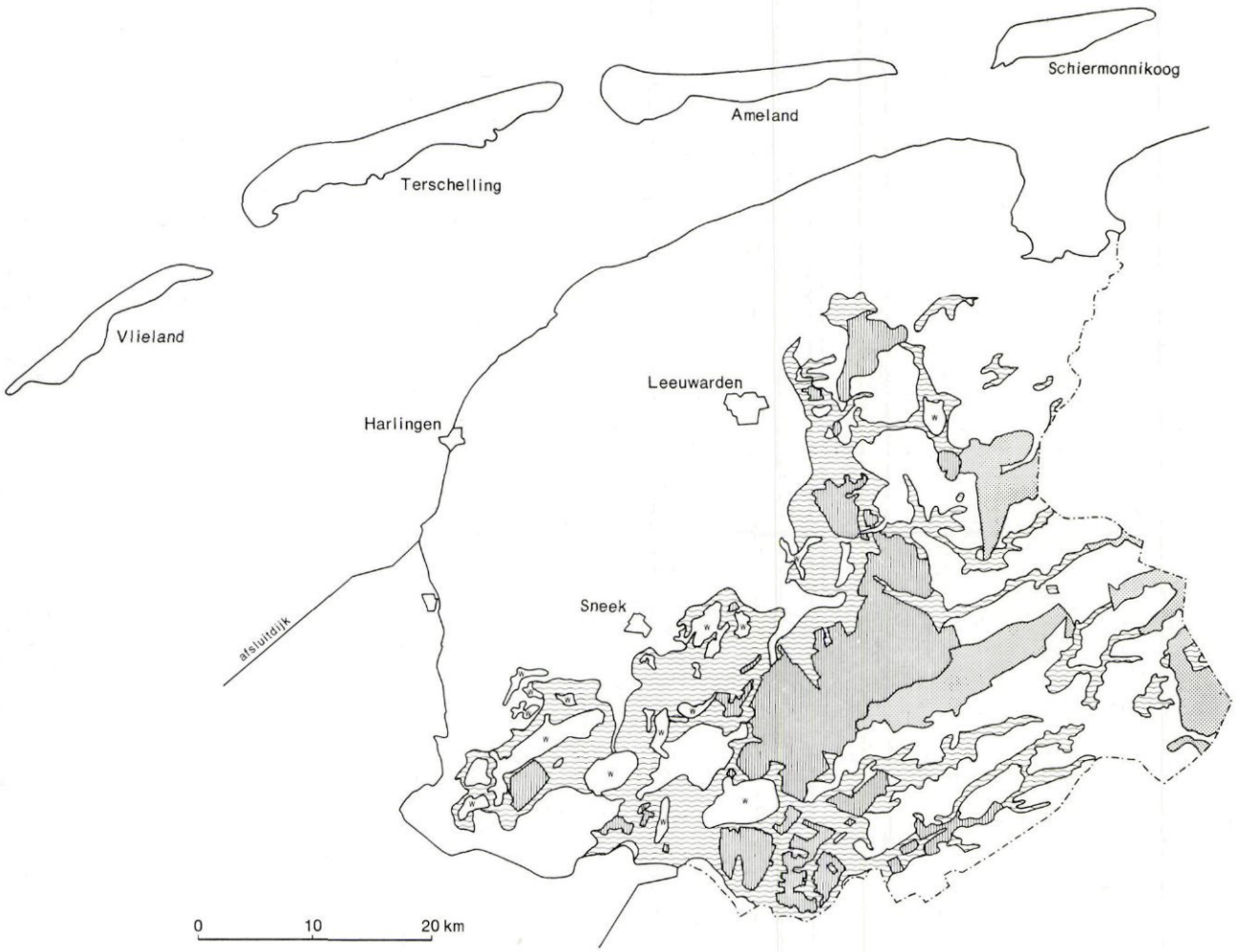
1. hard en dicht zijn om goed te branden en een goed „kooltje" te geven.
2. witte as geven: rode as werd als hinderlijk beschouwd, omdat zij meer zou stuiven en meer vuil in huis gaf dan de witte as.
3. géén zout bevatten: zout gaf stank (open haard en kooltjesvuur) en tevens aanslag op het vele koperwerk, wat extra arbeid vroeg.

Aan deze voorwaarden voldeed het veenmosveen het beste. Het iets rijkere zeggeveen gaf veelal rode as, bovendien was het zoutgehalte, afhankelijk van de latere zee-invloeden, bezwaarlijk.

Gezien het geringe zoutgehalte van het veen achten wij een vervening met als hoofddoel de zoutwinning of „moernering" in Friesland zeer onwaarschijnlijk.

Door het verzamelen van de bonkaarde in de sloten werden deze geheel gevuld en dienden in de laatste stadia van de vervening als zetveld. De overgebleven stroken in een verveend gebied heten *zethagen*. Bestaat een zetveld uit teruggestorte bovengrond, dan heet het *zetwal*. Een strook met een geheel ongestoord profiel wordt *rib* genoemd. De ontstane waterplassen heten *pet-* of *trekgaten* (zie fig. 28 en 29). Door de begroeiing in de petgaten trad op den duur verlanding op. De dichte wortelzone van riet en biezen noemt men *kragge* (fig. 30).

Fig. 31. Gebieden waar veen aan de oppervlakte ligt of door een kleilaag, dunner dan 40 cm, is afgedekt, of waar het veen als gevolg van de verveningen is afgegraven.



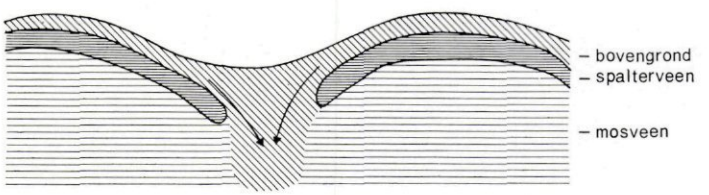
Bij de ontginning van de petgaten werd eerst ontwaterd, daarna de kragge doorgespit en egalisatie toegepast, waarbij het materiaal uit de zetwallen als bovengrond werd aangewend. Na ontginning heten de uitgeveende gebieden vanwege hun lage ligging „ondergronden". Ze zijn op de kaart aangegeven als eenheid 93. De oppervlakte varieert sterk. De gronden hebben meestal een zeer humusrijke tot venige bovengrond en hebben spoedig wateroverlast.
Tot het begin van deze eeuw is de vervening op grote schaal doorgegaan. Tot 1965 werd in de Veenpolder De Deelen op beperkte schaal machinaal veen gebaggerd voor turfbereiding. Thans wordt het veen gebaggerd voor de bereiding van diverse soorten potgrond en tuinaarde ten behoeve van de (kas)tuinbouw.
De vervening nam een einde door de concurrentie van de steenkool. De tragische gebeurtenissen rondom de verveningen bij Tijnje en Beets waren mede hiervan het gevolg. Met deze verveningen kwam tevens een einde aan de op grote schaal uitgevoerde turfindustrie. Door de eeuwen heen is er enorm veel werk verzet in de veenderij. We mogen

het beschouwen als een zeer uitgebreide vorm van industrie, waardoor in Friesland reeds eeuwenlang een vrij groot aantal mensen in de industrie werkzaam was.
In figuur 31 wordt een overzicht gegeven van de gebieden waar veen is gebaggerd en/of afgegraven. Het kaartje is niet volledig. In de noordelijke Wouden is vermoedelijk meer verveend dan op de kaart is aangegeven. Tevens blijkt, dat de „natte" vervening zich heeft beperkt tot de veengronden met hoogstens een dun kleidekje (de kaarteenheden 86 en 87).

HET SCHALTERVERSCHIJNSEL

Op pag. 38 is vermeld dat we in het veenlandschap hoofdzakelijk veenmosveen, zeggeveen en spalterveen aantreffen. Het spalterveen geeft het egale veenoppervlak enig reliëf door het zg. schalterverschijnsel, waardoor een hobbelig oppervlak ontstaat. Het spalterveen is ontstaan op plaatsen en in situaties, waar de aanwezige vegetatie zich niet meer kon handhaven door een te grote natheid (verdrinken).
Hierdoor is het mogelijk, dat we spalterveen aantreffen op wisselende diepten in het veenpakket[1].
In de Zuidwesthoek van Friesland ligt het spalterveen over grote oppervlakten aan de bovenkant van het veenpakket. In het Lage Midden is daarentegen geen of slechts plaatselijk spalterveen aanwezig.
We kunnen hiervoor de volgende verklaring geven: Tijdens het binnendringen van de zee in Friesland lag de Zuidwesthoek in eerste instantie „onbereikbaar", het Lage Midden lag echter steeds via de Middelzee onder invloed van de zee. Het zoute water doodde de vegetatie, en tevens werd het veen met een kleilaagje afgedekt.
In de Zuidwesthoek werd geen klei afgezet, maar wel verslechterde de waterafvoer als gevolg van het opslibben van het kleigebied in noordelijk en westelijk Friesland (Westergo). Het voor de bestaande vegetatie te natte milieu was juist geschikt voor het ontstaan van spalterveen. In een latere periode is op het spalterveen een laagje klei afgezet. Indien de kleibedekking dunner is dan 20 à 30 cm treedt in vele gevallen het schalterverschijnsel op.
Spalterveen bestaat hoofdzakelijk uit spitsbladige veenmossoorten (Sphagnum cuspidatum) met nog enige lavendelheide, veenbes en enkele andere plantensoorten die zich in een zéér natte en voedselarme omgeving kunnen handhaven.
Het is gekenmerkt door een sterke gelaagdheid, hetgeen samenhangt met de ontstaanswijze van dit veen. Het Sphagnum cuspidatum groeit namelijk als een vlies op het water. Verdampt het water in de zomer dan komt het vlies op de bodem te liggen. Continuering van dit proces leidt tot het ontstaan van het dun vliezige spalterveen.

Fig. 32. Schematische voorstelling van het schalterverschijnsel.



Vooral door de cultuurmaatregelen die een ontwatering tot gevolg hadden, is het veen gaan uitdrogen. Behalve het verticale inklinken van de veenlaag treedt ook een horizontale krimp op, waardoor verticale scheuren ontstaan (zie fig. 32). Dit is het begin van het hobbelige schalteroppervlak. De scheuren raken opgevuld doordat de bovengrond erin wegzakt. Hierdoor ontstaat al enig hoogteverschil. Daar het spalterveen geen water doorlaat en ook voor de wortels slecht toegankelijk is, zal er geen wateronttrekking plaatsvinden en weinig of geen inklinking ontstaan. In de scheuren, waar het spalterveen kapot is, zal het gras goed groeien en door de wateronttrekking inklinking doen optreden. Het is dan ook bij de praktijk algemeen bekend, dat in droge zomers de schalter veel erger wordt – de boeren spreken van „groeien". Beweiden verergert de schalter door het intrappen der scheuren. Vaak vertonen de

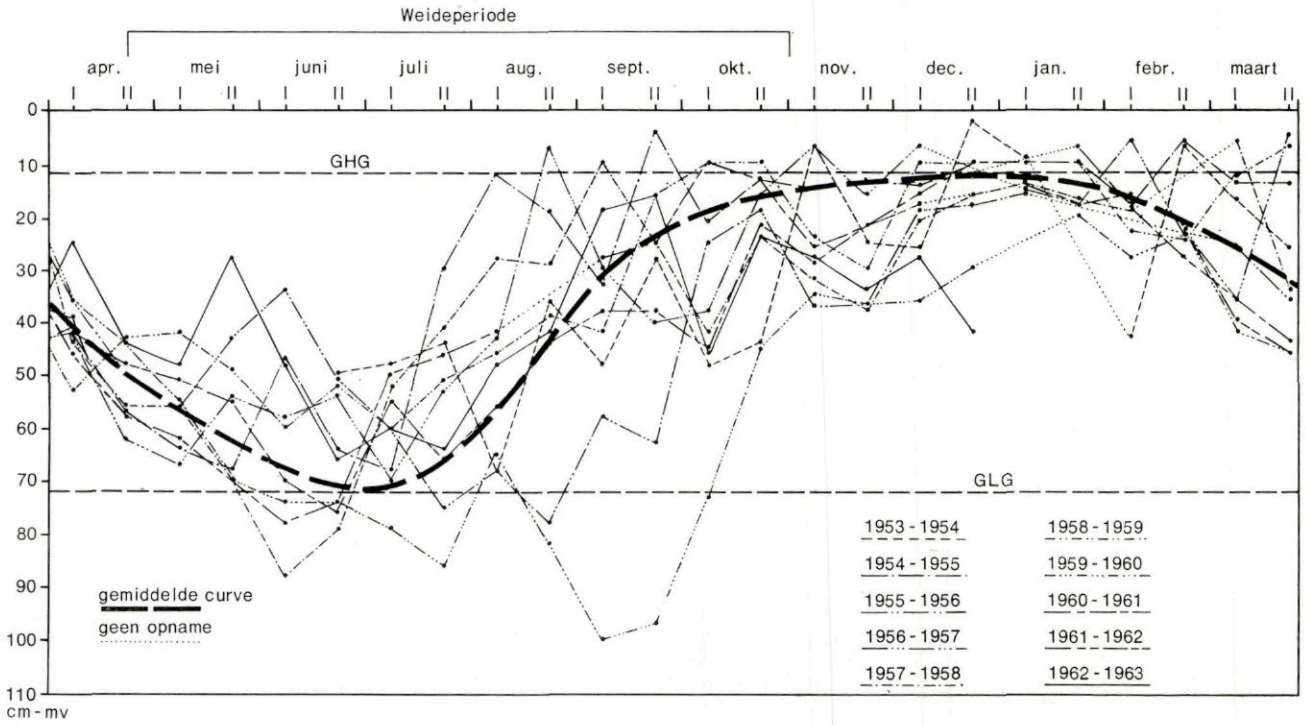
[1] Hieruit volgt, dat de ouderdom van spalterveenlagen sterk kan variëren (Florschütz, 1941).

schalterkoppen spoedig verdrogingsverschijnselen omdat eventueel regenwater snel wegloopt. In de lagere delen is het daarentegen al gauw te nat.
Een schalterperceel is derhalve steeds maar ten dele in produktie. Het mechaniseren der oogstwerkzaamheden wordt op de percelen met schalter sterk bemoeilijkt en soms geheel onmogelijk. Een remedie is het spitten en ploegen. Bij dikke spalterveenlagen kunnen we naderhand weer schalter verwachten.

DE HYDROLOGIE

Is water bij de veenvorming al zeer belangrijk, ook later wordt het beeld en de exploitatievorm van het veenlandschap nog grotendeels beheerst door het water. In deze landstreek komen vele vaarten, plassen en meren voor. De landbouw is uitsluitend aangewezen op weidebouw omdat de veengronden voor bouwland te nat zijn.
De waterbeheersing wordt een steeds moeilijker uit te voeren taak, omdat de voortschrijdende mechanisatie een diepere grondwaterstand vraagt die in de veengronden of niet te verwezenlijken is of te gevaarlijk is met het oog op het optreden van inklinking, schaltervorming of te sterke indroging van het veen.
De afwatering geschiedt geheel oppervlakkig door middel van greppels. Door het waterverbruik van het gras zakt de grondwaterstand in het perceel in de loop van het groeiseizoen. De doorlatendheid van mos- en zeggeveen is dermate gering, dat vanuit de sloten weinig of geen watertoevoer mogelijk is. De verlaagde grondwaterstand veroorzaakt inklinking, waardoor *pannige* percelen ontstaan. Vooral na de eeuwenlange intensieve graslandcultuur treedt dit euvel op, waardoor het land rondom de boerderijen lager ligt dan de verder gelegen percelen. Zelfs de afzonderlijke akkertjes kunnen door het inklinken pannig worden. De pannigheid bemoeilijkt de afwatering en verlaagt derhalve de gebruikswaarde.
De lage grondwaterstanden in de zomer worden gecompenseerd door het neerslagoverschot in de winter, zie figuur 34. Duidelijk valt het verschil op tussen een nat en een droog jaar. Door boven de grafiek de weideperiode aan te geven is duidelijk waar te nemen dat in natte zomers gedurende een lange periode met hoge grondwaterstanden moet worden gerekend. Hoe hoger de grondwaterstanden, en hoe langer de periode waarin ze aanwezig zijn, hoe groter het risico voor de boer op zulke gronden wordt (fig. 35). De gegeven cijfers gelden voor het grootste deel van het veengebied. Er zijn ook gebieden, waar de gemiddelde grondwaterstand 's zomers ondieper dan 50 cm beneden maaiveld blijft. Dit zijn gebieden met gronden die zeer snel aan wateroverlast lijden o.a. de „ondergronden" (kaarteenheid 93).
Ontwatering der veengronden heeft tot gevolg dat het veen gaat rijpen. Dit betekent primair een vermindering van het vochtgehalte. Daarna volgt een oxydatie-proces dat zich duidelijk in het profiel aftekent door een kleurverandering van bruinrood (gereduceerd) tot zwart (geoxydeerd). Na de oxydatie volgt de biologische vertering. In de mos- en zeggeveengronden is deze vertering gering. De omzettingen die plaatsvonden vormen meer een inkoling waarbij een zwarte amorfe zure veenmassa ontstaat. Dit zure veen is niet bevorderlijk voor een vlotte wortelontwikkeling, bovendien brengen hoge grondwaterstanden het zure water in de bovengrond en sorteren daarmee een uitlogend effect.
Uit het bovenstaande mag blijken dat de waterbeheersing van de veengronden – die een oppervlakte innemen van ca. 74 800 ha – een zeer ingewikkeld en ingrijpend vraagstuk is.

Fig. 34. Gemiddelde grondwaterstand van 10 jaren in een dunne klei-op-veengrond. Uit de afzonderlijke jaarcurven blijkt, dat in natte jaren hoge grondwaterstanden voorkomen in de weideperiode.



GHG = gemiddelde hoogste grondwaterstand
GLG = gemiddelde laagste grondwaterstand
} berekend uit de gegevens van „normale" jaren.

Bijschrift foto pagina 52

Fig. 33. Wanneer de boezem buiten zijn oevers treedt! Hoog water in het Lage Midden. *(Foto J. D. de Jong)*

Fig. 35. De hoge grondwaterstanden in natte zomers brengen de boer in grote moeilijkheden. Het bedrijfsrisico is groot.
(Foto J. D. de Jong)

De klei-bouwstreek. Op de achtergrond het dorp Minnertsga. *(Foto J. D. de Jong)*

III DE KLEIGRONDEN

De kleigronden zijn de jongste afzettingen van de provincie. De vorming ervan gaat nog steeds door, zoals bij de landaanwinningswerken, zie figuur 36. In Friesland komen geen rivierkleigronden voor: alle kleigronden zijn er door de zee afgezet.

Naar het bodemgebruik is de volgende indeling gemaakt:

1. klei-weidegebied: Westergo en het zuidelijke deel van Oostergo
2. klei-bouwstreek: het noordelijkste deel der kleigronden; globaal begrensd door de lijn Harlingen–Leeuwarden–Hallum-Dokkum.

DE AFZETTING

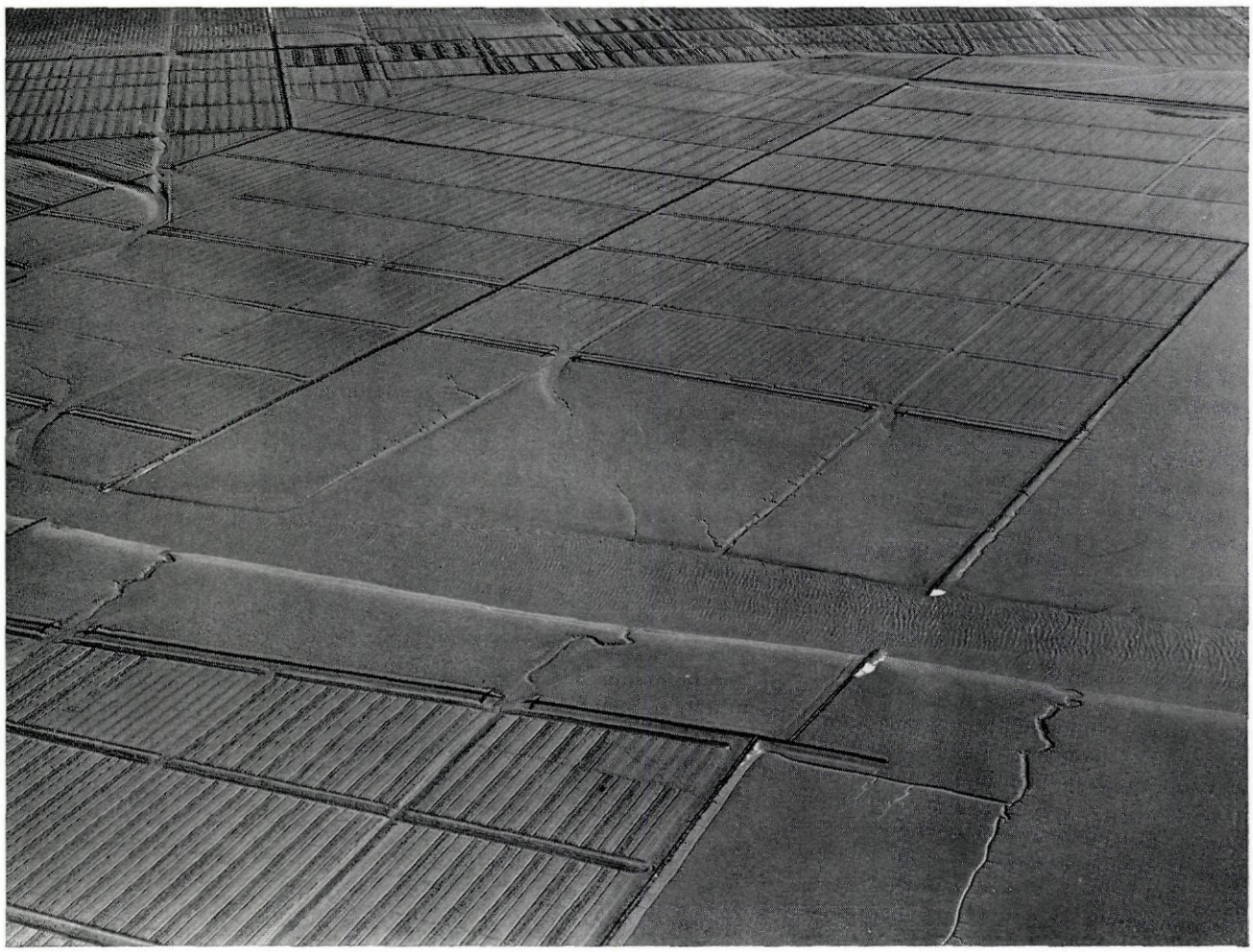
Bij de sedimentatie van zeeklei zijn eb en vloed van grote betekenis omdat het water erdoor in beweging blijft. Het met de golfbeweging opgenomen materiaal wordt tijdens de vloed naar de kust getransporteerd. De sterkte van de vloedstroom bepaalt de hoeveelheid en de grofheid van het meegevoerde materiaal en de plaats waar het wordt afgezet. De sedimentatie begint wanneer het transporterend vermogen van het water, door het verminderen van de stroomsnelheid, afneemt. In zo'n rustiger milieu zal eerst het grovere materiaal – de zandkorrels – bezinken. In een nog

rustiger milieu, met zeer weinig stroming en golfwerking zullen ook de lichte kleideeltjes uitvlokken. Bij de landaanwinningswerken wordt dit principe toegepast: Door een stelsel van dijken en dammetjes schept men een milieu, waarin het zo goed als altijd even rustig is, hetgeen een maximale, overal bijna even zware kleiafzetting bevordert (fig. 36).

Door het verschil in bezinkingssnelheid zijn in het zeekleigebied grote verschillen in zwaarte van de grond ontstaan. Deze kan uiteenlopen van het zand waarmee de duinen op de eilanden zijn opgebouwd, tot de zware knipkleigronden. Meestal is het wel zo dat vlak langs de aanvoerplaatsen de meest zandige of zavelige sedimenten liggen, omdat daar de stroomsnelheid het grootst was. Hierdoor vinden we steeds langs de kust de zavelige kustwallen. In het oude land van Barradeel en Oostergo betreft het kaarteenheid 19, in Het Bildt 7 en langs de IJsselmeerkust de eenheden 19 en 31. Ook langs de geulen en kreken vinden we zavelige afzettingen – de kreekwallen – bijvoorbeeld eenheid 20 langs de Middelzee en de Marne.

Meer landinwaarts, in een rustiger milieu ontstonden de zwaardere sedimenten met een vrij hoog tot hoog gehalte aan kleideeltjes en weinig of geen zand. In de natuurlijk gevormde gebieden geldt dan ook de regel: hoe verder van de stroom hoe zwaarder de klei. Een voorbeeld van dit sedimentatie-type is de zware knipklei aan weerszijden van de voormalige Middelzee en de Marne ten noordwesten van Bolsward. In het noordelijke kleigebied gaat kaarteenheid

Fig. 36. De afzetting van kleigronden vindt nog steeds plaats. Bij de landaanwinningswerken te Holwerd wordt het water via een brede aanvoersloot in de bezinkingsvakken gelaten. *(Foto KLM Aerocarto NV)*



19 al of niet via eenheid 20 over in de meestal zwaardere eenheid 22. In Het Bildt en in het gebied ten zuiden van de Lauwerszee gaat kaarteenheid 7 (lichte zavel) landinwaarts via eenheid 8 (zware zwavel en lichte klei) over in eenheid 9 (zware klei).
Behalve het verschil in zwaarte is er als gevolg van de sedimentatie ook nog een duidelijk hoogteverschil ontstaan. De zandige sedimenten langs de oevers werden sneller opgebouwd, door een grotere aanvoer van materiaal vlak naast de stroom, dan de verder landinwaarts gelegen kleiafzettingen. Bovendien heeft inklinking als gevolg van rijping hoogteverschillen veroorzaakt. Bij de zandige sedimenten was dit zeer gering, maar de reeds lager gelegen zware kleigronden kwamen hierdoor nog lager te liggen.
Het kleigebied vertoont vrij grote hoogteverschillen (van 1 à 1,5 m), de lichtste sedimenten liggen steeds het hoogst.
Zoals we in het voorgaande hebben gezien is het noorden van de provincie niet steeds onder invloed van de zee geweest. Na de vorming van het zandlandschap als afsluiting van het IJstijdstadium werd het gehele gebied bedekt met een veenlaag, die zich tot ver in de Noordzee uitstrekte. Volgens sommige onderzoekers tot aan de Doggersbank. Dus 6 à 7000 jaar geleden was midden en noord-Friesland één groot veenlandschap. In westelijke, zuidelijke en oostelijke richting vormde het veengebied één geheel met de venen van overig Nederland. Doordat het klimaat na de ijstijd steeds beter werd en de temperatuur steeds hoger, smolten er grote hoeveelheden gletscherijs in de Poolgebieden. Hierdoor steeg de zeespiegel, zodat de Noordzee het veengebied kon binnendringen. De kustlijn werd steeds meer landinwaarts verplaatst. De aanvallen van de zee deden zich 5 à 6000 jaar geleden voor. Ze richtten zich voornamelijk op de laagste terreingedeelten: zoals rivierbeddingen, bijv. van de Boorne, die in noordwestelijke richting heeft gestroomd, en ook op de dalen van de nu nog bestaande riviertjes de Lauwers, de Dokkumer Ee en de Marne. De dalen van Linde en Tjonger ondervonden deze invloed niet, omdat de zee nog te ver verwijderd was.
Tegenwoordig wordt algemeen aangenomen, dat de aanvallen van de zee van tijd tot tijd verschilden in hevigheid (Bakker, 1958; Bennema, 1954; Jelgersma, 1961). Behalve een langzame rijzing van de zeespiegel, komen perioden voor met een snellere stijging o.a. door stormvloeden. In deze perioden breidt de zee-invloed zich over het land uit. We noemen dit *transgressie*[1]. Ook komen perioden voor met geen of een geringe invloed van de zee: de *regressies*[1].
In de regressieperioden, die soms wel enkele eeuwen konden duren, was het droogliggende kleilandschap begroeid. Op de daarvoor geschikte plaatsen vond zelfs veenvorming plaats. Het was ook in deze perioden, dat de bewoning zich in het kleigebied vestigde of uitbreidde. Uiteraard leenden de hoger gelegen kust- of oeverwallen zich uitstekend voor bewoning. Voorzieningen in de vorm van ophogingen der woonsteden is in die perioden van geringe zee-activiteit niet nodig geweest. In een periode van transgressie echter heeft de bewoning zich trachten te handhaven door het ophogen van de woonplaatsen en zo ontstonden de terpen.
Dank zij deze begroeiingen en de activiteiten van de bewoners hebben we in het kleipakket mogelijkheden om de verschillende perioden van opslibbing te onderscheiden. In Friesland hebben we de beschikking over drie soorten „gidsfossielen" die ons inzicht verschaffen in de ontstaansgeschiedenis. We noemen de volgende:
1. Veenlaagjes: De ouderdom kan bepaald worden via de analyse van de stuifmeelkorrels der vroegere planten. Ook is het mogelijk de ouderdom te bepalen door de radioactiviteit der aanwezige koolstof (C_{14}) te meten.
2. Vegetatiehorizonten: Dit zijn enkele centimeters dikke, donker tot zwart gekleurde bandjes, als restant van de vroegere (kwelder) grasvegetatie. Onder deze vegetatie heeft tevens bodemvorming plaatsgehad, waardoor de klei is ontkalkt en in vele gevallen roestkleuren zijn ontstaan.
3. Oudheidkundige vondsten: Overblijfselen van de vroegere bewoners in de ruimste zin (scherven, beenderen, resten van woningen e.d.).
In analogie met de onderzoekingen en resultaten in het westen van Nederland zouden wij voor de kleigronden de volgende hoofdindeling willen maken:
a. De oudere getijdenafzettingen; afgezet vóór ca. 2300 j. v. Chr.
b. De jongere getijdenafzettingen; afgezet na ca. 2300 j. v. Chr.

---

[1] Bij de benaming van de *zeespiegelstijging* worden zowel de absolute als ook de relatieve zeespiegelstijging gebruikt. We spreken van absolute zeespiegelstijging wanneer men alleen de zeespiegel in zijn beschouwing betrekt. Dit is bijzonder moeilijk, omdat in ons land tevens een *absolute bodemdaling* plaatsvindt. Om het resultaat van beide werkingen in één getal uit te drukken heeft men het begrip *relatieve zeespiegelstijging* ingevoerd. Deze is gelijk aan de som der beide eerste.

Deze indeling wijkt in zoverre af van de in het noorden gangbare dat voorheen de grens tussen oude en jonge zeeklei ongeveer op de overgang van het Subboreaal naar het Subatlanticum werd gelegd, dus omstreeks 700 j. v. Chr. Nu die grens is gelegd bij ca. 2300 j. v. Chr., wordt een deel van de oudere afzettingen in het noorden, met name „oude kwelder" tot de jongere afzettingen gerekend.

DE OUDERE GETIJDENAFZETTINGEN

De grens tussen de oudere en de jongere getijdenafzettingen wordt door Pons (in: De Bodem van Nederland, Stichting voor Bodemkartering, 1965) en door Pons & Wiggers in de resultaten van hun onderzoekingen naar het ontstaan van West-Nederland (1959, 1960) gelegd bij ca. 2300 j. v. Chr.
Deze nieuwe indeling heeft tot gevolg, dat zeeklei-afzettingen behorende tot de oudere getijdenafzettingen in Friesland slechts in zeer kleine verbreiding kunnen voorkomen. Dit komt, omdat de zeespiegel, volgens de onderzoekingen van Bennema (1954) en Jelgersma (1961), in het Atlanticum en het begin van het Subboreaal, dus 5000 à 6000 jaar geleden op ongeveer 7 à 8 m beneden NAP lag. De zandondergrond in westelijk en noordelijk Friesland bevindt zich op een diepte van gemiddeld 5 à 6,50 m beneden NAP. Hier moet de dikte van het veenpakket nog worden bijgeteld. Het is duidelijk, dat in die tijd het landoppervlak enkele meters boven de zeespiegel lag. Hieruit volgt dat er hoogstens in diepe terreindepressies, zoals oude stroombeddingen, sprake kan zijn geweest van een zee-invloed en dat dus alleen daar „oude" zeeklei kan worden aangetroffen.
Het bovenstaande verschilt nogal van de tot dusver gangbare meningen, volgens welke de atlantische transgressie-invloed en afzettingen belangrijk en van grote omvang werden geacht voor Friesland (o.a. Bakker & Wensink, 1955). Ook volgt hieruit dat de in vorige publikaties (Veenenbos, 1949, 1952; Bakker, 1949, 1954; Bakker & Wensink, 1955; Cnossen, 1961) omtrent de Friese kleigronden vermelde „oude kwelder" niet in de periode van de atlantische zee-invloed kan zijn ontstaan, maar als een jonger sediment moet worden beschouwd.
Aan de hand van pollenanalytisch onderzoek van twee profielen kunnen we zien, dat de zee in het atlanticum nog slechts een geringe invloed had op de veenontwikkeling. Het betreft een veenlaag uit een profiel gestoken in de bouwput van het gebouw van het Instituut voor Landbouwcoöperatie te Leeuwarden en een profiel nabij het dorpje Sijbrandaburen ten zuidoosten van Sneek. In de onderste veenlaag van het profiel Leeuwarden, in de voormalige Middelzee, tussen 760 en 685 cm beneden maaiveld, kon Polak op grond van pollenanalytisch onderzoek *in* het Atlanticum reeds een duidelijke invloed van de zee vaststellen. Zij concludeert tevens, dat het bovenste deel van het veenpakket gegroeid is in de omgeving van een schorren- en slikkenvegetatie; het begin van de kleilaag zou dateren uit het Atlanticum (zie bijl. 2).
Bij het profiel van Sijbrandaburen tekent Florschütz aan, dat het veen tussen 460 en 440 cm in het Atlanticum is ontstaan, terwijl de zee zich op grote afstand bevond (bijl. 2).
Beschrijving van het profiel te Leeuwarden:

cm's t.o.v. het oorspronkelijke maaiveld (0)	
+100– 0	opgebrachte grond
0–270	klei
270–380	veen
380–585	klei
585–660	veen
660– ?	zand

Het profiel bij Sijbrandaburen had de volgende opbouw:

cm's beneden maaiveld	
0–100	klei
100–198	zeggeveen en kleiig zeggeveen
198–410	lichte klei en zware zavel
410–460	humeuze klei en zeggeveen
460– ?	zand

Uit de resultaten van deze onderzoekingen mogen we concluderen, dat het hoogteverschil tussen de onderzochte veenlagen in de beide profielen goeddeels het verschil bepaald heeft van de zee-invloed in het Atlanticum.

DE JONGERE GETIJDENAFZETTINGEN

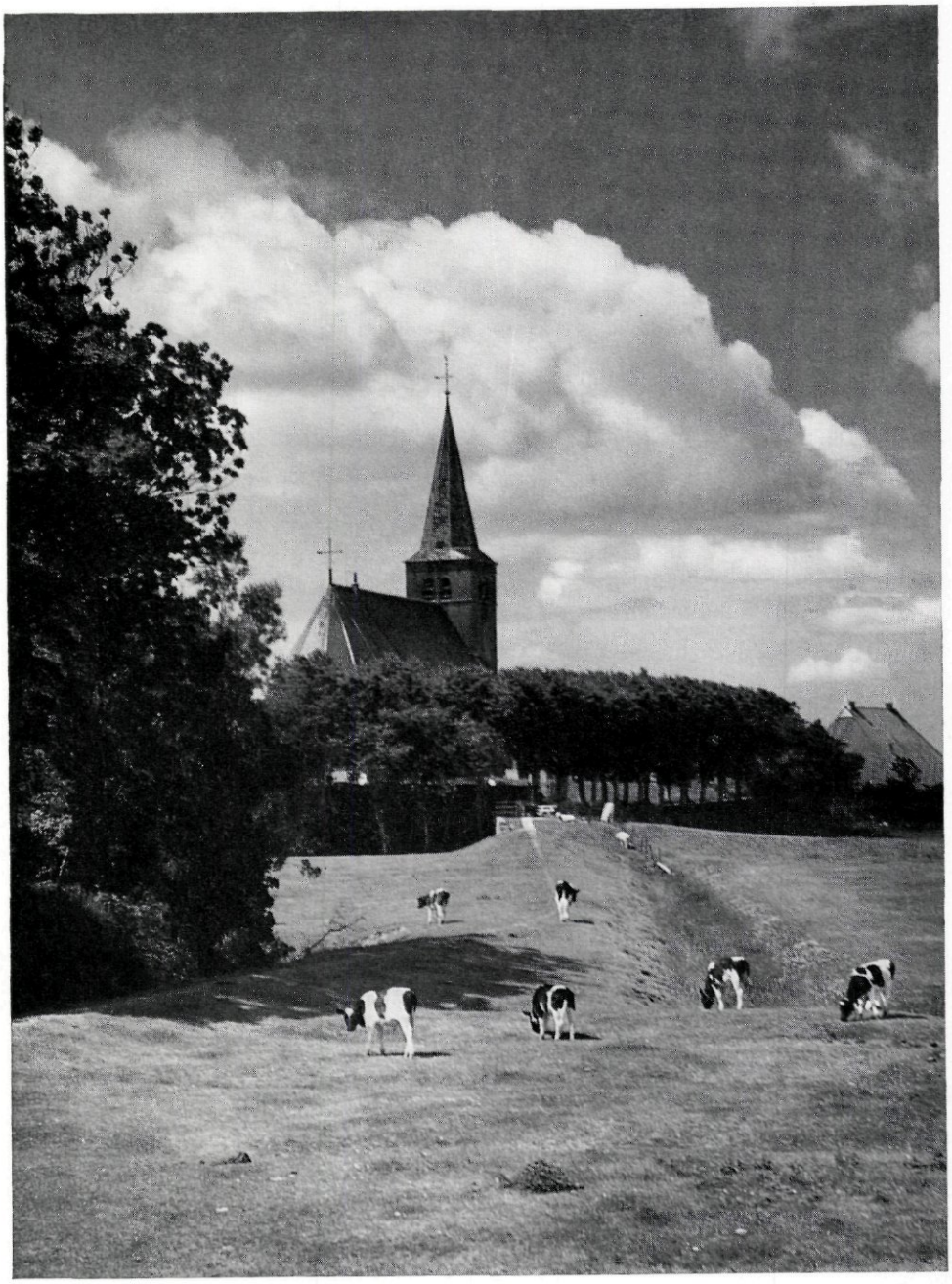
Bij de nieuwe indeling der zeekleigronden naar hun ouderdom worden alle mariene afzettingen vanaf 2300 j. v. Chr. tot de jongere getijdenafzettingen gerekend. Dit betekent voor Friesland, dat de *oude zeeklei*, ook wel „oude kwelder" of „gelaagd complex" genoemd, thans tot de jongere zeeklei wordt gerekend.
Hieronder volgt een overzicht van de voornaamste afzettingsperioden en de bijbehorende sedimenten van de jongere getijdenafzettingen:

Benaming van Pons & Wiggers (1959, 1960)	Vroegere benaming	Afzettingsperiode	Benaming van de Rijks Geologische Dienst
Westfriese afzettingen I en II	„oude kwelder"	ca. 2300–1250 j. v. Chr.	Calais IVB, Duinkerke 0
Preromeinse afzettingen II	„stugge laag"	ca. 300 v.–50 j. na Chr.	Duinkerke IB
Postromeinse afzettingen	knipklei	ca. 300–800 j. na Chr.	Duinkerke II
Laat-Middeleeuwse afzettingen	verjongingsdek (Middelzee, erosie)	ca. 1000–1400 j. na Chr.	Duinkerke IIIB

DE WESTFRIESE AFZETTINGEN (ca. 2300–1250 j. v. Chr.)

In het westen van Nederland kon men door datering van veenlaagjes in de jongere zeeklei verschillende sedimentatieperioden onderscheiden. Vooral voor Noordholland gold de tijd tussen ca. 2300 en ca. 1250 j. v. Chr. als een belangrijke sedimentatieperiode; hierin werden de Westfriese afzettingen gesedimenteerd. In Friesland konden Veenenbos en Bakker respectievelijk in Westergo en Barradeel geen aanknopingspunten vinden met deze Westfriese afzettingen. Volgens de resultaten van hun onderzoekingen zou het kleipakket van de „oude kwelder" zonder onderbrekingen zijn opgeslibd. Indelingen en dateringen waren daardoor niet mogelijk. Cnossen (1958) vermeldt de resultaten van een pollenanalytisch onderzoek in een profiel bij Sneek. In het veenpakket onder de kleilaag komen twee sterk humeuze kleibanden voor, die als resultaten van zee-inbraken kunnen worden beschouwd.
Florschütz kon op pollenanalytische gronden concluderen dat het veen van subboreale ouderdom was. De eerste zee-invloed viel samen met het midden en de tweede bijna aan het einde van het Subboreaal.
Materiaal uit dezelfde lagen, dat onderzocht werd volgens de C_{14}-methode, gaf de volgende, gecorrigeerde ouderdomsbepalingen:
De bovenste laag (Sn I) 3720 jaar of 1760 j. v. Chr. $\pm$ 80 (G.R.O. 818)
De onderste laag (Sn II) 4240 jaar of 2280 j.v. Chr. $\pm$ 70 (G.R.O. 1844)
Door Du Burck, Ente & Pons (1956) worden de Westfriese afzettingen onderverdeeld in de Westfriese afzetting I van 2300–1800 j. v. Chr. en de Westfriese afzetting II van ca. 1650–1250 j. v. Chr.
Later onderzoek toonde aan, dat deze tweedeling ook in Friesland in het kleipakket aanwezig was.
Wij zijn van mening dat er een grote overeenkomst bestaat tussen de Friese zeekleiafzettingen („oude kwelder" of „gelaagd complex") wat betreft de periode van sedimentatie en afzetting, met de Westfriese afzettingen en stellen dan ook het onderste gedeelte gelijk met de Westfriese afzettingen I (Calais IVB) en het bovenste gedeelte met de Westfriese afzettingen II (Duinkerke 0). In het grootste deel van de provincie zijn de Westfriese afzettingen II gekenmerkt door het hoge kalkgehalte, de gelaagdheid en de stevigheid der bovenkant. Zij komen bijna in het gehele kleigebied van het vaste land van de provincie voor binnen 1,20 m beneden maaiveld. Ook zijn ze nog aanwezig buitendijks in de Waddenzee. In geulen en jonge polders ontbreken ze als gevolg van erosie. De gemiddelde dikte der Westfriese afzettingen is ca. 2 à 3 meter. Bij de kust is het pakket zandiger en dikker, landinwaarts wordt het kleirijk en dunner. Op de grens naar het veen kunnen we slappe humeuze ongerijpte kleien uit deze periode aantreffen.

Fig. 37. Een van de vele terpen in het kleigebied. Links, tussen kerk en houtwal is een gedeelte weggegraven. *(Foto J. D. de Jong).*



Opmerkelijk is, dat de begrenzing landinwaarts bijna parallel loopt met de grens van de dikke klei-op-veengronden (kaarteenheid 38).
Daar in die tijd de Zuiderzee en de Waddenzee nog niet bestonden en de meest westelijke invalspoort der zee de Marnegeul was, is de verbreiding van de Westfriese afzettingen in zuidwestelijk Friesland beperkt gebleven.
Tijdens de periode van opslibbing zijn langs de kust *kwelderwallen* ontstaan en langs de kreken de zg. *kreekwallen*. Kwelder- en kreekwallen zijn meestal hoger opgebouwd en bestaan uit zavelig materiaal. Het is dan ook op deze hogere landschapseenheden dat de eerste bewoners van deze streek zich vestigden. Vooral langs de kreken was het bij uitstek goed wonen. Behalve op vruchtbare en hooggelegen gronden woonde men tevens aan viswater. Ook was de kreek als mogelijkheid tot communicatie van belang.
De eerste bewoning in het kleigebied werd mogelijk in de periode met een verminderde activiteit van de zee. Deze periode, die gedateerd wordt van ca. 600–300 j. v. Chr. wordt de oudste terpenperiode genoemd. Verschillende opgravingen van bewoningsresten uit die tijd gaven als oudste te dateren scherfmateriaal het *geometrisch versierd aardewerk* (Boeles, 1951; Halbertsma, 1963; Van Giffen, 1936; Elzinga, 1964). Ook het recente onderzoek door Waterbolk naar de ouderdom van het terprestant bij Tritzum geeft als het begin der bewoning ca. 600 j. v. Chr. De eerste bewoning bevond zich daar hoogstwaarschijnlijk op een verhoogde oever van een kreek die bij de Westfriese afzettingen II behoorde. Het gehele kleigebied is in die tijd begroeid geweest. Aan de zeekant beperkte de groei zich tot een kweldervegetatie, landinwaarts is veenvorming mogelijk geweest. Dit veen kon op diverse plaatsen pollenanalytisch gedateerd worden als ontstaan op de overgang van het Subboreaal naar het Subatlanticum (oppervlakteveen). Het einde van de veengroei werd op twee plaatsen bepaald door middel van de C_{14} methode. De uitslagen waren bij Schraard (na correctie) 2380 of 420 j. v. Chr. $\pm$ 70 (G.R.O. 1979). Bij Rauwerd werd het einde van de veengroei (na correctie) gedateerd op 2300 of 480 j. v. Chr. $\pm$ 65 (G.R.O. 1167). Behalve deze goed herkenbare veenlaag is ook de grasvegetatie dikwijls nog duidelijk te onderscheiden als een 1 à 2 cm dik zwart bandje, evenals de zone waarin de ontkalking en de roestvorming onder de oude vegetatie plaatsvond. Zij vormen bij de veldopname belangrijke criteria voor de vaststelling van de grens tussen de Westfriese afzettingen II en de jongere preromeinse afzettingen.

DE PREROMEINSE AFZETTINGEN (ca. 300 v.–50 j. na Chr.)

Deze afzettingen zijn ontstaan ten gevolge van de weer toegenomen activiteit der zee. Door de hogere zeestanden en de stormvloeden kon de zee het reeds bestaande kleigebied weer overspoelen. De invloed van de zee strekte zich verder landinwaarts uit dan in de vorige overslibbingsperiode. Ook nu weer maakte de zee gebruik van de bestaande kreken o.a. Marne, Middelzee, Lauwers. Kenmerkend voor deze periode zijn de diep ingesneden kreken en geulen, die scherp begrensd zijn. Langs de kreken is het sediment in de vorm van een kreekwal van behoorlijke dikte afgezet. Het bestaat dan uit zavelig materiaal en is kalkrijk. Landinwaarts neemt de dikte spoedig af tot 1 à 2 dm. Het materiaal bestaat dan meestal uit een kalkarme lichte tot zware klei met knippige eigenschappen. In de kustgebieden is deze laag in veel gevallen lichter (zavel). Door de plaatselijk stugge geaardheid van de klei, vooral in droge perioden, wordt ze wel „stugge laag" genoemd. Deze preromeinse afzetting komt in het *gehele* kleigebied van Friesland voor, met uitzondering van de jongste inpolderingen en de zeeboezems van Marne, Middelzee en Lauwerszee. Dit is in tegenstelling met Bakker (1954), die toen concludeerde, dat het in Barradeel anders was. De opslibbing van het „gelaagde complex" was zonder onderbreking doorgegaan, tot na het begin van de jaartelling. Hieruit volgde, dat Barradeel zowel wat betreft het ontstaan als ook qua bewoning veel jonger zou zijn dan Westergo.
Omstreeks het begin van de jaartelling nam de invloed van de zee weer af. Het landschap raakte begroeid en er werd weer bewoning mogelijk. Uiteraard genoten ook toen weer de hoger gelegen oeverwallen langs de geulen en kreken de voorkeur voor de vestiging van de bewoning. Deze periode wordt gekenmerkt door een grote uitbreiding van de bevolking. Vele terpen zowel in het kleigebied als ook in het klei-op-veengebied stammen uit deze periode (fig. 37). Dateringen van op vele plaatsen gevonden scherven geven als begin van de bewoning de eerste eeuw van de jaartelling (Boeles, 1951; Halbertsma, 1955, 1963; Elzinga, 1964; Van Giffen, 1936; Cnossen, 1958).

DE POSTROMEINSE AFZETTINGEN (ca. 300–800)

Omstreeks 300 j. na Chr. nam de invloed van de zee weer toe. De bewoning handhaafde zich grotendeels door het kunstmatig ophogen der bewoningsplaatsen – de terpen. De zee maakte ook nu weer gebruik van de vroegere geulen en kreken. Dit ging gepaard met een verbreding der bestaande geulen, o.a. Middelzee, Marne (Cnossen, 1958, 1969), Dokkumer Ee en Lauwers. De zee drong ten gevolge van de hogere standen en de verbrede aanvoergeulen weer verder in het veengebied door dan in de vorige periode van hogere zee-activiteit. De periode van 300–800 j. na Chr. is voor Friesland zeer belangrijk geweest omdat de sedimenten uit deze tijd in grote gebieden nog aan de oppervlakte liggen. In deze periode werd in het gehele kleigebied – uitgezonderd in de jonge inpolderingen en de zeeboezems – een 0,5 à 1 m dik sediment afgezet. De sedimenten uit deze periode hebben bijna allemaal meer of minder knippige eigenschappen (zie ook pag. 86).

Opmerkelijk is dat ten zuiden van de oude kwelderwallen, die globaal begrensd worden door de lijn Harlingen, Tzum, Winsum, Dronrijp. Marssum, Hallum, Dokkum, de afzetting als een kalkarme zware klei is gesedimenteerd, die door zijn specifieke eigenschappen *knipklei* wordt genoemd. Ten noorden van deze lijn komen de sedimenten uit deze periode voor als zavel en lichte klei (de eenheden 22, 20 en 19 gedeeltelijk). In het noorden liggen ze tot aan de oude kustlijn, die thans de grens vormt tussen het „oude" en „nieuwe" land. De afzettingen zijn kalkarm en hebben knippige eigenschappen. Hierdoor zijn de zavelgronden, ondanks de lichte textuur, minder geschikt voor bouwland i.v.m. de structuurgevoeligheid van de bovengrond en ondergrond tijdens natte omstandigheden en het daardoor spoedig optreden van wateroverlast en verslempen. Doordat de afzetting vanuit de Middelzee naar beide kanten plaatsvond werd zowel het klei- als het veenlandschap met knipklei bedekt. Dit komt op de Bodemkaart tot uiting in de eenheid 34. Aan de oostkant van de Middelzee gaat de knipklei over in een 40–80 cm dik knipkleidek-op-veen (eenheid 38), dat landinwaarts overgaat in het 20–40 cm dikke (knip)kleidekje-op-veen (eenheid 86).

Ook de Marne in de Pingjumer Halsband ten zuiden van Harlingen toont duidelijk dat de knipklei-afzetting zowel in noordelijke als in zuidelijke richting plaatsvond.

De langs de Middelzee en de Marne gevormde oever- of kreekwallen bestaan overwegend uit zavelgronden (eenheden 19 en 20). De gronden van eenheid 20 hebben knippige eigenschappen, evenals een deel van die van eenheid 19. De zavelige kreekwallen kunnen op enige diepte nog wel kalkrijk zijn. Ook komt het voor dat de overgangslaag van het knipkleidek naar de onderliggende preromeinse afzettingen kalkrijk is.

Als gevolg van de uitbreiding der Waddenzee kreeg het noordwesten van Friesland het zwaar te verduren. In de omgeving van Harlingen drong de zee het land binnen via de lage kwelderbekkens (eenheid 22). De kracht van het water moet groot zijn geweest, want nu nog vinden we een laagje sediment uit deze periode op de hogere kwelderwallen (eenheid 19).

Ten westen van Dokkum is een deel van de knipklei via de Dokkumer Ee afgezet. De afzettingen via de Lauwers aangevoerd zijn later merendeels weer opgeruimd.

Na ca. 800 kwam er een periode waarin de zee minder invloed op het gebied had. De bewoning breidde zich uit. Door het verhoogde oppervlak was zelfs bewoning mogelijk buiten de hogere oever- en kreekwallen. Deze periode duurde tot ca. 1000 na Chr. Toen ondernam de zee met vernieuwde activiteit een aanval.

DE LAAT-MIDDELEEUWSE AFZETTINGEN (ca. 1000–1400)

Omstreeks 1000 na Chr. breidde de invloed van de zee zich sterk uit en begon de laat-Middeleeuwse transgressieperiode. In Friesland wordt deze periode gekenmerkt door:

1. sterke erosie, zowel in het klei- als in het veengebied
2. ontstaan van de Waddenzee en de Zuiderzee
3. sedimentatie van het laat-Middeleeuwse verjongingsdek en het dichtslibben van de Middelzee en de Lauwerszee.

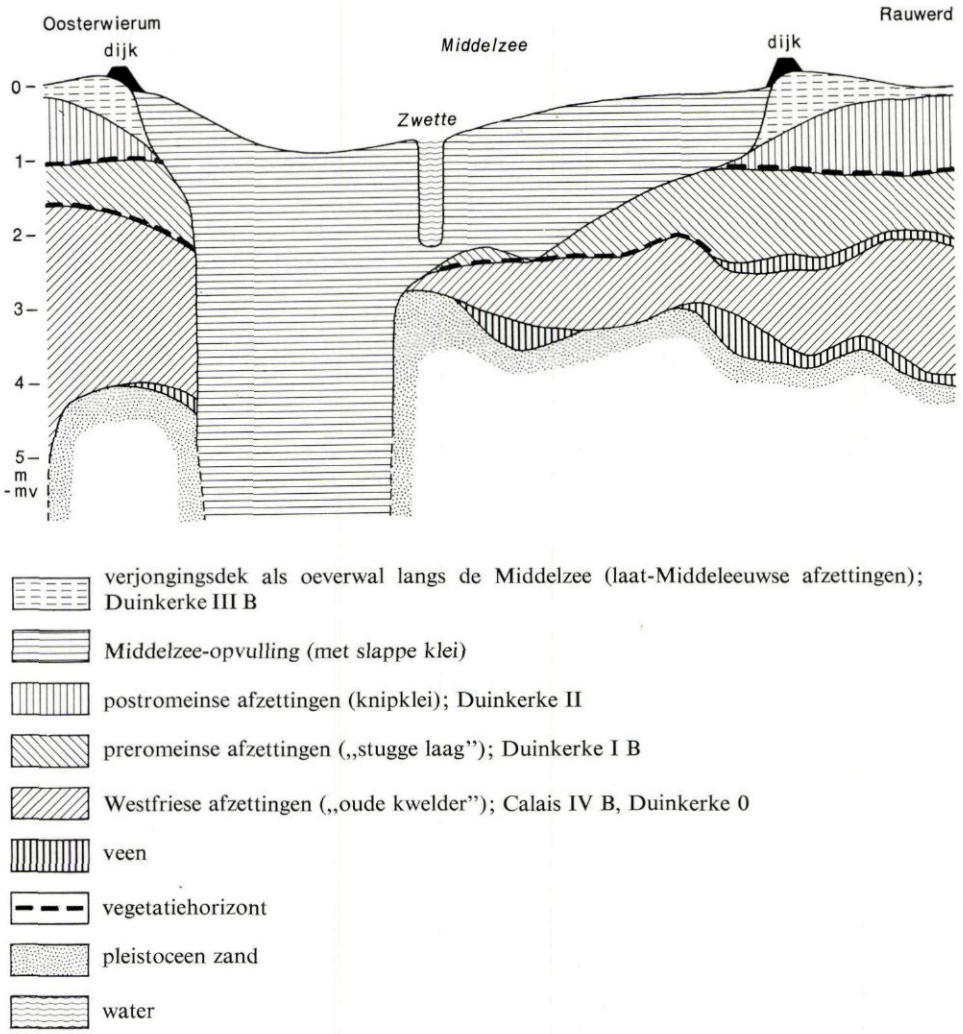
Het begin van deze laat-Middeleeuwse zee-invloed ging gepaard met hoge standen van de zeespiegel. Hierdoor werd veel water via de gaten in de duinenkust landinwaarts gestuwd. In de geulen en prielen ontstonden hoge stroomsnelheden, waardoor uitschuring plaatsvond, zowel in de diepte als in de breedte. Veenenbos meldt in Westergo

Fig. 38. Erosiegeulen in het knipkleigebied tussen Tzum, Waaxens en Wommels (naar Veenenbos, uit Edelman, 1950).

rondom Wommels en Oosterlittens grote gebieden in het knipkleilandschap waar een meer of minder dikke laag is afgeërodeerd (fig. 38). In het noordoosten werd het gebied via de Dokkumer Ee sterk aangetast. Hier ontstonden de zg. kolken. Als voorbeelden noemen we slechts enkele grote gebieden: de Anjumer-, de Foudgumer- en de Brantgumerkolken. Op de kaart zijn de voornaamste vertegenwoordigers van de geërodeerde gebieden als kaarteenheid 43 aangegeven. Ze hebben een zeer onregelmatige hoogteligging van het oppervlak als gevolg van een gedeeltelijke erosie en een plaatselijke opslibbing.
Ook de Middelzee en de Lauwerszee breidden zich sterk uit ten koste van het reeds aanwezige land. De eerste tot voorbij Sneek en Bolsward.
Aan de kust is deze periode ook niet stil voorbijgegaan. Op grote schaal vond afslag plaats, als gevolg van de vergroting van de Waddenzee, waardoor de kracht van de golven groter werd. Door de heersende westenwinden werd veel water langs de kust gejaagd, die het daardoor extra zwaar te verduren kreeg. Door de erosie werd de kust „gestroomlijnd". Deze vorm komt zowel voor ten noorden van Harlingen als ook bij de oude kwelderwallen ten noorden van Stiens (eenheid 19).
Daar het vergroten van de Waddenzee aanhield, werd de zee achter de eilanden niet alleen steeds krachtiger, maar kwam ook steeds dichter bij het land te liggen. Dit leidde ertoe dat de erosie vanuit het noordwesten steeds heviger werd. Door de inbraak van de zee naar het zuiden in het veengebied tussen Friesland en Noordholland ontstond op den duur contact met het Flevomeer. Dit veroorzaakte het ontstaan van de Zuiderzee in haar latere afmeting.
De gevolgen voor Friesland waren zeer ingrijpend. De hogere waterstanden noodzaakten de bewoners zich te weer te stellen. Niet alleen verhoogde men de terpen en woonsteden, maar men begon ook het cultuurland te beschermen tegen de zee door middel van het opwerpen van dijken[1]. Hierdoor ontstonden de oudste polders, de zg. „eilanden" van o.a. Oosterend en Wommels.
Behalve de eerder genoemde erosie vond er ook sedimentatie plaats. Bakker (1949, 1954) beschreef deze sedimentatie in Barradeel als het laat-Middeleeuws verjongingsdek. De verbreiding ervan zou echter beperkt zijn. In tegenstelling hiermee bleek, dat bijna over het gehele kleigebied een meer of minder duidelijke invloed van dit laat-Middeleeuws verjongingsdek valt te constateren. De dikte ervan is zeer verschillend. In Barradeel kan het langs de noordwestkust een dikte bereiken van 1,20 m of meer. Meestal is het verjongingsdek echter dunner dan 0,50 m en komt het zowel in Westergo als in Oostergo voor. Het is voor de landbouw van grote betekenis, omdat het lichtere dek de gebruikswaarde van de zwaardere knipkleien sterk doet stijgen. Wij menen dan ook dat een groot deel van de zg. „brúnlaag" behalve aan menselijke activiteit te danken is aan dit verjongingsdek. In noordelijk Friesland maakt dit dek het mogelijk op eenheid 22 akkerbouw uit te oefenen, doordat het de onderliggende knippige sedimenten bedekt. Ook langs de Middelzee komt dit dek duidelijk aanwijsbaar voor (zie fig. 39). We hebben de indruk, dat materiaal dat op de ene plaats werd geërodeerd elders weer werd afgezet. Zulke gebieden treft men aan o.a. ten westen van Dokkum en ten westen van Marssum. Ten westen van Dokkum is een verjongingsdek afgezet op de reeds aanwezige zware knipklei. Het materiaal is kennelijk afkomstig van de grote geërodeerde gebieden zoals de Kolken en de Lauwerszee. Het werd aangevoerd door de Dokkumer Ee. Ten westen van Marssum is een uitbreiding van de Middelzee ontstaan als gevolg van erosie, waarbij een deel van het materiaal meer landinwaarts werd verplaatst. Deze beide gebieden zijn op de kaart aangegeven met eenheid 37. Ook ten zuiden van Harlingen heeft erosie en sedimentatie van een verjongingsdek plaatsgevonden. Tevens is hier een groot deel van het bestaande land weggeslagen tijdens het ontstaan van de Zuiderzee. Hierdoor ontstond ten zuiden van Harlingen een sterke zee-invloed langs de kust, waardoor erosie optrad. Dit valt te verklaren uit de haakse hoek, die de huidige kustlijn maakt met het afzettingspatroon van de Pingjumer Halsband. Ook de aanwezigheid van knippige sedimenten (kaarteenheid 22) tot aan de kust bij Zurich en van de zware knipklei (kaarteenheid 34) vlak bij de kust, geeft de zekerheid dat zelfs in de vorige periode van sedimentatie de zee nog veel meer westwaarts lag en slechts via de Marnegeul het land binnenkwam (Cnossen, 1969). Het geërodeerde materiaal werd o.a in zuidelijke richting verplaatst en afgezet als een kustwal der voormalige

[1] Wij menen te mogen stellen, dat het eerste deel van de laat-Middeleeuwse transgressiefase gekenmerkt is door hoge waterstanden en veel erosie, waardoor het opwerpen van dijken noodzakelijk werd. Ook Rienks & Walther (1954) komen tot de conclusie, dat de oudste dijken dateren van omstreeks 1000 à 1100 j. n. Chr. Wij beschouwen het opwerpen van de vele oude binnen- of slaperdijken, o.a. de Slachter- en de Marnedijk, in het westen van Friesland als een verdediging tegen het uit het westen opdringende zeewater.

Fig. 39. Schematische doorsnede van het Boornegebied tussen Rauwerd en Oosterwierum (Cnossen, 1958)



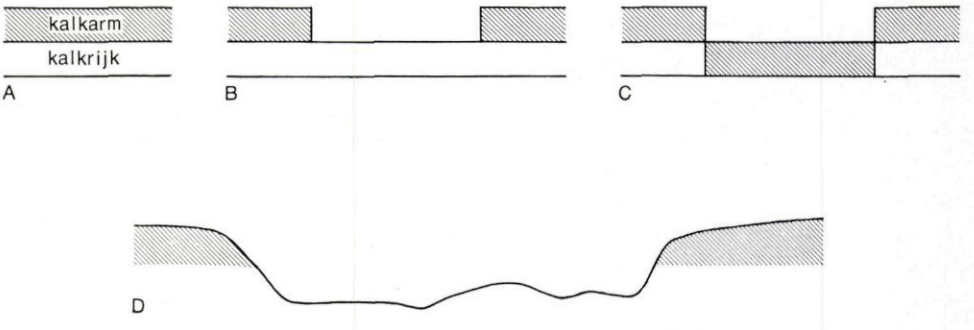
Zuiderzee (eenheden 31 en 32). Het kalkarme en soms knippige karakter staat in verband met de erosie van reeds kalkarm en knippig materiaal waarvan de hersedimentatie te snel geschiedde om het kalkrijk te doen worden.
Deze kustwal strekt zich uit van Gaast tot Staveren. Ten zuiden van Staveren werd door de verbreding van de Zuiderzee de stroomsnelheid en stootkracht van het water geringer, waardoor er geen sterke stroom meer langs de kust stond.
Behalve op de erosie en opbouw aan de westkust van Friesland tijdens en na het ontstaan van de Zuiderzee, willen we nog op enkele voor Friesland zeer belangrijke aspecten wijzen. Het was reeds lang een onverklaarbare zaak, dat de dichtslibbing van de zojuist vergrote Middelzee in een zo ongekend hoog tempo verliep. Historische gegevens over de indijking en bewoning laten dit zeer duidelijk zien. We noemen hier enkele feiten:
1. 1230 stichting van het dorpje Nijland ten zuidoosten van Bolsward op de nieuwe kleigronden in de Middelzee
2. ± 1242 wegaanleg tussen Oosterwierum en Rauwerd (Krinzerarm) dwars door de Middelzee
3. 1270–1280 aanleg van de weg tussen Boxum en Goutum ten zuiden van Leeuwarden door de Middelzee.
Deze activiteiten vinden plaats in een periode van 40 à 50 jaren. Mede gezien de bodemgesteldheid mogen we aannemen, dat de opslibbing zich in een zeer snel tempo heeft voltrokken.

De verklaring hiervoor zien wij in het ontstaan van de Zuiderzee. Het steeds groter worden van deze binnenzee had tot gevolg dat hier enorme hoeveelheden zeewater in konden worden opgevangen, die door de Noordzee tussen de Waddeneilanden door naar binnen werden gestuwd. Deze grote komberging zorgde ervoor dat de aanvoer van zeewater in de Middelzee en in de Lauwerszee sterk verminderde. Deze werd zelfs zo gering dat er inplaats van erosie in deze boezems sedimentatie optrad. De grote snelheid van opslibbing zien wij in nauw verband staan met de erosie die op grote schaal langs de gehele Friese kust plaatsvond. Er kwam veel materiaal ter beschikking en op de daarvoor geschikte – meestal rustige – plaatsen kon een abnormaal snelle opslibbing plaatsvinden (eenheid 21). Een ander belangrijk effect van de Zuiderzee voor Friesland was, dat de zee aan de noordkust rustiger werd zodat er opslibbing kon plaatsvinden. De jonge inpolderingen langs de gehele kust zijn hiervan het resultaat. Op de kaart zijn deze aangegeven met de eenheden 7, 8 en 9, van Harlingen tot Oostmahorn.
Het ontstaan van de Zuiderzee had voor zuidwestelijk Friesland tot gevolg, dat het veel dichter bij de zee kwam te liggen met alle daaraan verbonden consequenties. De belangrijkste gevolgen zijn reeds behandeld bij de veengronden van het Lage Midden. We willen hier nog even wijzen op het ontstaan van een dun knipkleilaagje op de al dan niet reeds bedekte veengronden. Langs de kust ontstonden zandige kustwallen (eenheid 39) en sterk gelaagde kleigronden ten zuiden van Gaasterland (Heijink, 1956) en tussen Gaasterland, Lemmer en de grens van Overijssel (Veenenbos, 1950). Door het voortschrijden der techniek werd het mogelijk met behulp van dijken de zeewering te versterken en door middel van een interne waterbeheersing een betere exploitatie van de gronden te verzekeren. Het gehele kleigebied raakte op den duur bewoond.

DE KLEIWINNING

De bewoners van Friesland hebben in de loop der eeuwen zelf een aanval op het kleigebied gedaan, door grote gebieden af te graven voor de steenbakkerijen. De daartoe verstoorde gronden zijn alleen tussen Harlingen en Winsum aangegeven met eenheid 155. De vele andere plaatsen van afgravingen waren te klein om op de kaart te kunnen worden weergegeven. Honderden hectaren zijn voor dit doel ca. 60 cm afgegraven. Ook ten westen van Bolsward is dit het geval (Cnossen, 1969). Een nauwkeurige inventarisatie geeft de mogelijkheid tot de lokalisatie van de voormalige *tichelwerken*, die ook langs de Dokkumer Ee lagen.
De keuze van het materiaal was afhankelijk van de te bakken stenen. Voor rode steen had men kalkarme klei nodig. Na afgraving kwam de kalkrijke ondergrond dicht aan de oppervlakte. Voor het bakken van gele steen gebruikte men kalkrijke klei. Bij de winning werd de kalkarme knippige klei, die bovenlag, teruggestort. Doordat de winning van klei voor beide steensoorten in dezelfde gebieden hebben plaatsgevonden, is de profielopbouw op korte afstand soms zeer verschillend. Een groot verschil van een afgegraven gebied met een geërodeerd gebied is de begrenzing: Aftichelen werd en wordt nog perceelsgewijs gedaan met meestal abrupte hoogteverschillen. Erosie daarentegen is niet gebonden aan perceelsgrenzen en heeft afgeronde vormen (zie fig. 40).

Fig. 40. Het verschil tussen door afgravingen en door erosie ontstane reliëfs. A oorspronkelijk profiel; B hetzelfde profiel na winning van kalkarme klei en C na winning van kalkrijke klei, waarbij de kalkarme klei is teruggestort. D door erosie ontstaan reliëf, de begrenzing is „gestroomlijnd" en de basis is niet egaal.



HET BODEMGEBRUIK

Na het ontstaan van het kleigebied zoals dat in het voorgaande is geschetst en na het scheppen van veiligheid door de aanleg van de zeedijken, werden de gronden in gebruik genomen. Afhankelijk van aard en geschiktheid van de gronden heeft de Friese boer de reeds eerder genoemde tweedeling der kleigronden teweeggebracht, nl. het klei-weidegebied en de klei-bouwstreek.

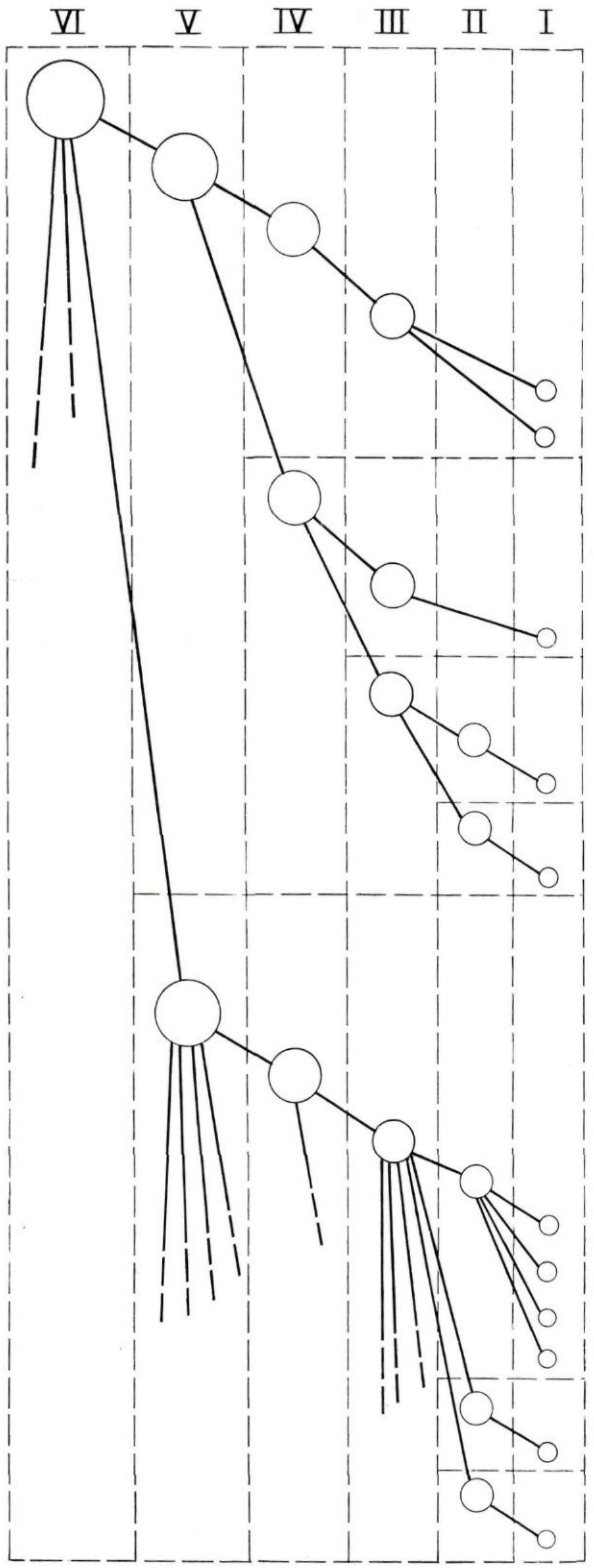
Het *klei-weidegebied* betreft in hoofdzaak het gebied ten zuiden van de lijn Harlingen–Leeuwarden–Hallum–Dokkum, met uitzondering van het bouwlandgebied der Pingjumer Halsband, ook wel „De Lytse Bouhceke" genoemd. Het betreft merendeels voor bouwland te zware gronden. Wanneer deze gronden tevens knip- of knippige eigenschappen hebben is bouwland evenmin mogelijk en is het weidebedrijf de enige economisch en bodemkundig verantwoorde exploitatievorm.

Ook in het gebied tussen Leeuwarden en Dokkum komen grote oppervlakten knip- en knippige gronden voor, die zich uitsluitend lenen voor de exploitatie als grasland.

In de *klei-bouwstreek* wordt veel bouwland op de jonge kalkrijke zeekleigronden aangetroffen. Ook op de ondiep kalkarme zavelgronden van het „oude land" is bouwland goed mogelijk. Minder geschikt zijn de gronden van eenheid 22 wanneer de zwaarte toeneemt tot zware zavel en het materiaal knippige eigenschappen heeft.

Oudere kaarten en geschriften vermelden een grotere oppervlakte bouwland in Friesland dan thans wordt aangetroffen. Door de hogere eisen, die de boer stelt aan opbrengst, kwaliteit en de mechanisatie is de selectie naar de „betrouwbaarheid" der bouwlandgronden steeds strenger geworden. De verbouw van pootaardappelen in Friesland is hierop van grote invloed. Het gevolg is, dat slechts de beste gronden als bouwland worden gebruikt. In Groningen, waar de graanbouw op de voorgrond treedt is de selectie minder scherp en is het bouwlandareaal veel groter gebleven.

Fig. 41. Schematische voorstelling van de niveau-indeling in de legenda.



ZEEKLEIGRONDEN

BUITENDIJKSE GRONDEN

Weinig of niet geäereerd, gelegen tussen gemiddeld laag water en gemiddeld hoog water, kalkrijk

In het zoute gebied onbegroeid of begroeid; in het brakke en zoete gebied overwegend begroeid

1 zand

2 kleiïg zand tot klei

Ondiep geäereerd, gelegen omstreeks gemiddeld hoog water en iets daarboven, veelal kalkrijk

Onbegroeid

3 kleiarm zand

Begroeid

Meer dan 80 cm kleiïg materiaal op zand

4 kleiïg zand tot klei

Minder dan 80 cm kleiïg materiaal op zand

5 kleiïg zand tot klei

JONGE ZEEKLEIGRONDEN

Kalkrijk en kalkhoudend

Humusarm en ondiep matig humeus

Aflopend of homogeen

6 kleiarm zand

7 kleiïg zand en sterk zandige klei

8 matig zandige en lichte klei

9 zware klei

Overwegend kleiarm zand beginnend tussen 50 en 80 cm

10 complex van kleiïg zand tot klei

Overwegend kleiarm zand binnen 50 cm

11 complex van kleiïg zand tot klei

De Legenda

Voor een goed begrip en een juist gebruik van de Bodemkaart van Nederland is zowel een toelichting op de indeling van de kaartlegenda, alsook een nadere verklaring van de hierin toegepaste bodemkundige termen en begrippen noodzakelijk.

I DE INDELING VAN DE LEGENDA

Op de Bodemkaart zijn in totaal 157 kaarteenheden onderscheiden, die elk met een aparte kleur zijn aangegeven. Bepaalde onderscheidingen in het bodemprofiel, die voor meer eenheden kunnen gelden, zijn met een aparte signatuur aangegeven over de kleur van de kaarteenheid heen. Dit zijn de zogenaamde *toevoegingen*.
Om tot een overzichtelijk geheel te komen zijn de onderscheiden kaarteenheden in de legenda (blad 10) volgens een bepaald systeem gegroepeerd.
In Friesland komen 57 kaarteenheden en 11 toevoegingen voor.

DE NIVEAUS VAN INDELING

Er zijn zes niveaus van indeling onderscheiden. Op het laagste niveau (I) vindt men de eenheden, zoals deze op de Bodemkaart zijn weergegeven. Op het hierboven volgend niveau (II) is telkens een aantal kaarteenheden samengevat tot een hogere groepering. De aldus op niveau II geformeerde groeperingen zijn op het eerstvolgende hogere niveau (III) weer samengevat. Dit gaat zo door tot en met niveau VI. Omgekeerd is het dus mogelijk een groep van een hoog niveau in meer groepen te verdelen op een lager niveau (zie fig. 41).
Op het legendablad is het verschil in niveaus herkenbaar aan de opmaak.

DE INDELING PER NIVEAU

De tot omstreeks 1960 in Nederland verschenen bodemkaarten hadden kaartlegenda's met een merendeels landschappelijke of geogenetische grondslag, d.w.z. de indeling werd sterk bepaald door o.a. de aard van het moedermateriaal, de wijze van afzetting, de ligging in het landschap enz. Binnen kleine gebieden geven dergelijke landschappelijke indelingen meestal voldoende informaties. Moet echter een groot gebied in kaart worden gebracht, dan stuit men op vrij grote bezwaren.
In de legenda van de NEBO-kaart is daarom minder nadruk gelegd op landschappelijke maatstaven bij de indeling dan tot nu toe gebruikelijk was. Slechts op de hogere niveaus en een enkele maal op de lagere, zijn deze nog toegepast. Als criteria voor de indeling werden overwegend kenmerken gebruikt die aan de bodemprofielen waarneembaar zijn.

Niveau VI

Op dit hoogste niveau worden onderscheiden:

Zeekleigronden
Rivierkleigronden[1]
Veengronden
Zandgronden
Leemgronden[1]
Algemene Onderscheidingen

Het is duidelijk, dat hier een zuiver landschappelijke indeling is gevolgd. In grote lijnen hebben de eerste vijf onderscheidingen dezelfde inhoud als de onderscheidingen van een eenvoudige grondsoortenkaart.
Tot de Algemene Onderscheidingen worden enkele gronden gerekend, die in verschillende landschapstypen kunnen voorkomen.

Niveau V

De Zeekleigronden zijn op dit niveau ingedeeld in:

Buitendijkse gronden
Jonge zeekleigronden
Zuiderzeebodem-gronden[1]
Oude zeekleigronden[1]

Het landschappelijk karakter van de indeling blijkt duidelijk uit de gekozen namen.
De Veengronden zijn ingedeeld in:

veengronden
veenontginningsgronden

De veenontginningsgronden, waarvan het veen grotendeels is afgegraven, werden op grond van de ontginningsgeschiedenis (een landschappelijk criterium) van de niet-vergraven veengronden gescheiden.
Op dit niveau zijn de Zandgronden ingedeeld in:

Zandgronden
Associaties van zand-, leem-, rivierklei-, en veengronden.

De echte zandgronden werden derhalve gescheiden van de associaties van deze gronden met leem-, rivierklei-, en veengronden.
In de associaties komen zandgronden in een bepaald geografisch patroon te zamen met genoemde andere gronden voor en wel zo, dat ze op de gebruikte schaal niet afzonderlijk kunnen worden weergegeven.
De gronden, behorend bij de Algemene Onderscheidingen, zijn ingedeeld in:

Geklassificeerde gronden
Niet-geklassificeerde gronden

De laatstgenoemde werden niet nader met bodemkundige termen gekenmerkt (terreinen voor burgerlijk gebruik, sterk vergraven gronden, stroombeddingen etc.). Bij de eerstgenoemde is zulks wel het geval.

Toevoegingen.

Dit zijn een aantal op de Bodemkaart met een signatuur aangegeven bijzonderheden, die bij de diverse kaarteenheden kunnen voorkomen.

Niveau IV

Vanaf dit niveau zijn veelal aan het profiel ontleende kenmerken bepalend voor de indeling.

---

[1] Deze gronden komen in Friesland niet voor.

De Zeekleigronden (behalve de buitendijkse), de Zandgronden en de geklassificeerde gronden van de Algemene Onderscheidingen zijn onderverdeeld naar het verloop van *het kalkgehalte* in het profiel.
Bij de buitendijkse gronden is de diepte van *aëratie* als indelingscriterium gebruikt.
De veengronden zijn ingedeeld in laagveen en hoogveen (de termen laag en hoog zijn hier gebruikt in de betekenis van laag gelegen resp. hoog gelegen bijv. t.o.v. NAP) evenals de veenontginningsgronden. Hier werd dus de landschappelijke indeling gehandhaafd.

Niveau III

Op dit niveau is bij de Zeekleigronden en de geklassificeerde gronden van de Algemene Onderscheidingen de *humositeit van het profiel*, d.w.z. het humusgehalte en de dikte van de humushoudende bovengrond, bepalend voor de verdere indeling. De buitendijkse gronden zijn op dit niveau ingedeeld naar de mate van *begroeiing*.
Bij de veengronden zijn de *gedeeltelijk* uit- of afgeveende gronden van de *niet verveende* gescheiden (dus weer een landschappelijk criterium met een hydrologische achtergrond), de veenontginningsgronden zijn deels ingedeeld naar de *aard van de organische stof* van de bovengrond, deels naar de vochthuishouding.
Bij de Zandgronden is de *vochthuishouding* het indelingscriterium.

Niveau II

De Zeekleigronden en de geklassificeerde gronden van de Algemene Onderscheidingen, zijn ingedeeld naar *het profielverloop*, d.w.z. de aanwezigheid van afwijkend materiaal (zoals zand of veen) in de ondergrond.
Bij de veengronden is de indeling gebaseerd op de aard van de veensoorten in de ondergrond (rietveen, zeggeveen etc.). Bij de veenontginningsgronden worden verschillende indelingscriteria toegepast. Deze hebben bij de laagveengronden in drooggemaakte meren en plassen betrekking op de aard van het veenmateriaal, bij de veenkoloniale gronden zijn deze meer van landschappelijke aard.
De zandgronden zijn ingedeeld naar de aard van de bodemvorming (gleygronden, podzolen, oude bouwlanden), naar het gehalte aan verweerbare mineralen in het moedermateriaal (arm zand – zeer arm zand) en eventueel naar het humusgehalte (duinen, stuifzanden).

Niveau I

Hier is bij de Zeekleigronden, de Zandgronden en de geklassificeerde gronden van de Algemene Onderscheidingen de *zwaarte van de bovengrond* in klassen aangegeven.
Bij de veengronden worden, voor zover zulks toepasselijk is, humusgehalte en zwaarte vermeld.

II DE KAARTEENHEDEN

De bij de kartering gemaakte en op de kaart met kleuren voorgestelde onderscheidingen dragen de naam *kaarteenheden* en niet *bodemtypen*. Volgens recente opvattingen is deze laatste benaming gereserveerd voor de kleinste bodemkundige eenheid en staat dus geheel los van het opstellen van een indeling van gronden voor de weergave op een kaart met een bepaalde schaal. In deze zin kunnen de op de Bodemkaart weergegeven eenheden dus uit één bodemtype, maar ook, hetgeen meestal het geval zal zijn, uit meer bodemtypen bestaan.
De eigenschappen en kenmerken van de gronden, die tot de onderscheiden kaarteenheden behoren, zijn in de legenda vermeld. Een kaartvlakje van een bepaalde eenheid zal dus gronden bevatten met eigenschappen en kenmerken, zoals in de legenda beschreven, maar daarnaast zullen er vrijwel steeds insluitsels van andere gronden in voorkomen. Bij de kartering is er echter naar gestreefd de kaarteenheden zo te begrenzen, dat de binnen een kaartvlak voorkomende gronden voor ca. 70% aan de beschrijving volgens de betreffende legenda-eenheid beantwoorden, met andere woorden, dat ca. 30% van de gronden afwijkende kenmerken en eigenschappen heeft. De onzuiverheden in de kaart-

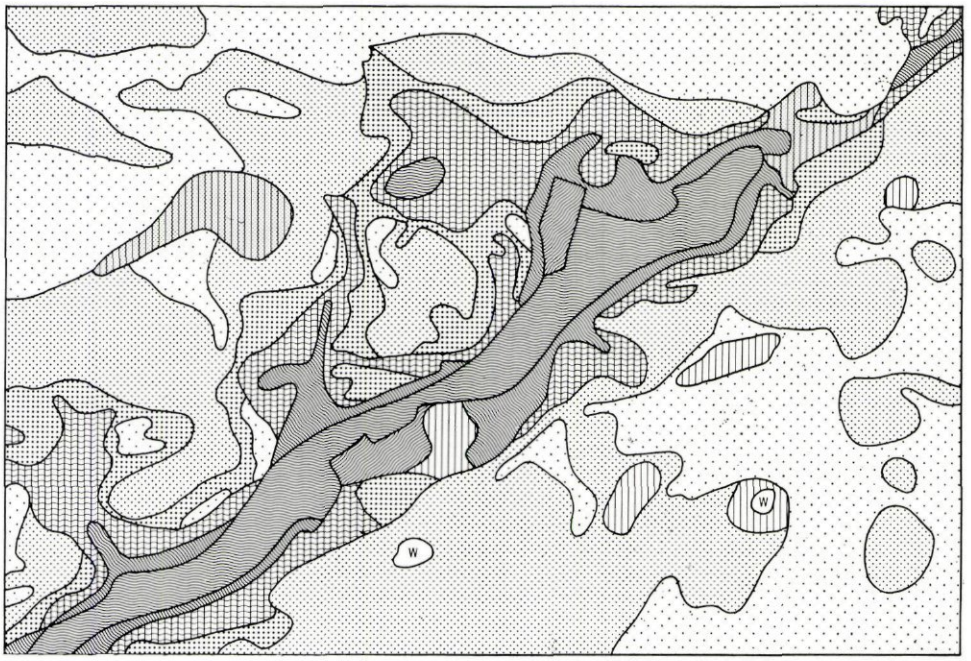
eenheden kunnen bij het karteringswerk niet worden vermeden. De schaal van de kaart en de betrekkelijke beknoptheid van de legenda laten nu eenmaal niet toe alles voor te stellen.
Ten gevolge van verschillen in landschappelijke opbouw bevatten bepaalde kaarteenheden dikwijls meer onzuiverheden dan andere. In de laagveengronden (kaarteenheden 80 t/m 86) bijvoorbeeld wisselt het bodemprofiel over grote afstanden slechts weinig. Het profiel van de in de veenkoloniale gronden onderscheiden eenheden (94 t/m 98) daarentegen zeer sterk. De kans op onzuiverheden zal hier dus groter zijn. In de Zandgronden komen in het algemeen meer onzuiverheden voor dan in de Zeekleigronden.
In de zandgebieden zijn ten gevolge van een onrustiger reliëf de verschillen in vochthuishouding, bodemvorming enz. op korte afstand vaak groot, zodat het begrenzen van zo zuiver mogelijke kaarteenheden hier veel meer moeilijkheden oplevert dan in een zeekleigebied met in het algemeen een vlakkere ligging. Bij de Zeekleigronden kunnen onzuiverheden optreden als gevolg van de verschillen over korte afstand in profielverloop, zwaarte van de bovengrond en kalkverloop.
In bepaalde gebieden is de bodemgesteldheid zo ingewikkeld dat de samenstellende eenheden bij de kaartschaal 1 : 200 000 niet afzonderlijk zijn weer te geven. Dit probleem is ondervangen door het invoeren van *associaties* en *complexen*, dwz. eenheden met een ruimere inhoud dan de normale kaarteenheden.
Associaties zijn in het algemeen samengestelde kaarteenheden met een landschappelijke begrenzing. De samenstellende delen vormen veelal een bepaald geografisch patroon, dat op een kaart met een grotere schaal (bijv. 1 : 10 000) gemakkelijk kan worden voorgesteld.
Voorbeelden van associaties zijn de kaarteenheden 132 en 133. Deze kaarteenheden zijn landschappelijk begrensd door de beekdalen. Vandaar ook de naam associatie beekdalgronden. Hierin liggen veengronden en venige gronden en gleygronden, bovendien varieert de textuur van het zand van niet lemig fijn zand tot zandige leem.
Een gedeelte van een detailkaart van een beekdal 1 : 10 000, geeft de natuurlijke samenhang der onderscheiden gronden weer, die in deze associaties zijn samengevoegd (fig. 42).
Bij de *complexen* is dit meestal in veel mindere mate het geval, omdat de rangschikking der samenstellende eenheden weinig of geen symmetrie vertoont.
Een voorbeeld van complexen op de Bodemkaart van Friesland is de eenheid 87 (complex van al dan niet verlande trekgaten en soms aangemaakte petgaten). In deze eenheid wisselt de bodemgesteldheid sterk ten gevolge van de menselijke activiteit. Alleen op kaarten met een zeer grote schaal is het mogelijk dit weer te geven.
Verder kunnen we eenheid 39 (Zuiderzee-oevergrond) noemen. Deze kaarteenheid is een complex wat betreft kalkrijkdom, humusgehalte der bovengrond en hoogteligging, bovendien kan de textuur van de bovengrond variëren van grof grindhoudend zand tot zware klei. Figuur 43 geeft van beide eenheden een voorbeeld.
Associaties en complexen werden op verschillende indelingsniveaus van de legenda gevormd.
In het algemeen zijn de associaties meer op de hogere niveaus onderscheiden, de complexen op de lagere.
Uit het bovenstaande zal duidelijk zijn geworden, dat de verschillen tussen complexen en associaties en tussen deze beide en de overige kaarteenheden meer van graduele aard zijn en dat het daarom niet steeds mogelijk is de grenzen scherp te trekken.
Speciaal op bodemkaarten met een kleine schaal zijn associaties en complexen wegens het vaak ingewikkelde patroon van de bodemgesteldheid meestal niet te vermijden.

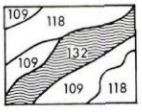
III KOOLZURE-KALKGEHALTE

Voor de benaming van de grond naar dit kalkgehalte zijn de termen kalkrijk, kalkhoudend en kalkarm gebruikt. Uit de tabel, die op de achterkant van blad 10 staat, blijkt, dat naarmate een grond zwaarder wordt, het kalkgehalte ervan hoger moet zijn om het gebruik van een bepaalde term te kunnen handhaven.
Voor het verloop van het koolzure-kalkgehalte in het profiel zijn de benamingen toegepast, zoals vermeld in de tabel op de achterkant van blad 10.

Fig. 42. Gedetailleerde opname van een beekdalassociatie in de Friese Wouden.

Schaal 1 : ca. 25 000





Fragment uit de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000, dat hetzelfde gebied weergeeft

ZANDGRONDEN

- zwak lemige humuspodzolgronden
- sterk lemige humuspodzolgronden
- sterk lemige gleygronden (beekdal)
- venige gleygronden; minder dan 40 cm veen op zand

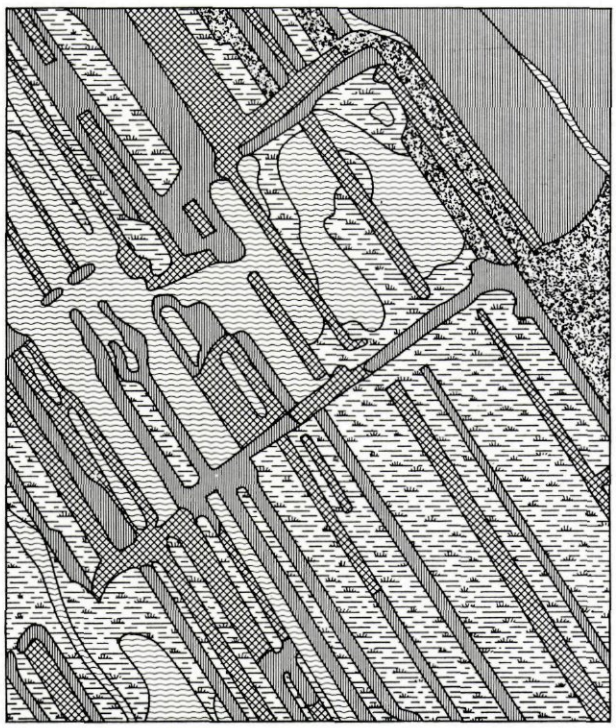
VEENMOSVEENGRONDEN

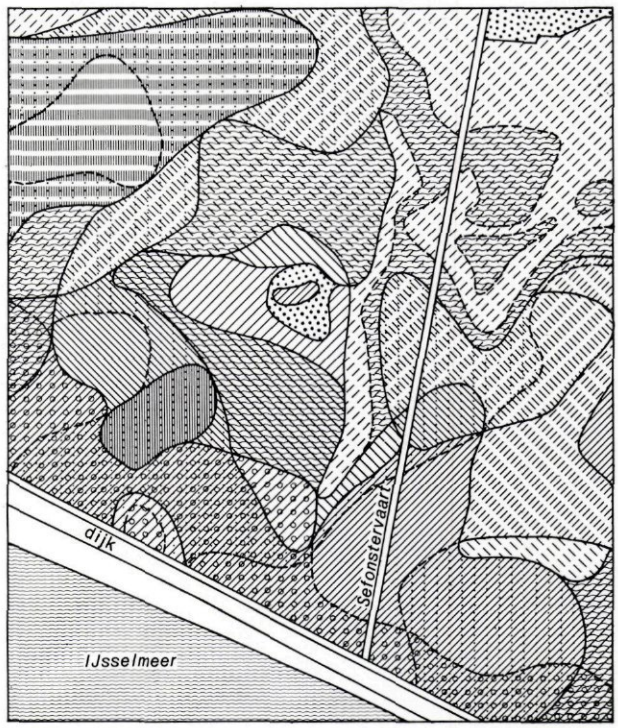
- meer dan 40 cm veen; zandondergrond ondieper dan 120 cm
- idem, maar bezand

BROEKVEENGRONDEN

- meer dan 40 cm veen; met een lutumhoudende bovengrond; zandondergrond ondieper dan 120 cm
- meer dan 40 cm veen; met een lutumhoudende bovengrond; zandondergrond dieper dan 120 cm
- meer dan 40 cm veen; zonder lutumhoudende bovengrond; zandondergrond dieper dan 120 cm
- W water

Fig. 43. Gedetailleerde weergaven van twee complexe kaarteenheden van de Bodemkaart. A Fragment uit de bodemkaart, schaal 1 : 5 000, van de Scheenekavel, weergevende kaarteenheid 87 (opname: J. J. Vleeshouwer) B Fragment uit de bodemkaart van Gaasterland, schaal 1 : 10 000, weergevende kaarteenheid 39 (opname: W. Heijink).





vast veenland en ribben

zetwallen, veelal kleiig

petgaten, niet dichtgegroeid (open water)

petgaten, veelal weer gedeeltelijk dichtgegroeid met rietkragge

aangemaakte petgaten

ZANDGRONDEN

lage humuspodzolen en gleygronden met een niet tot sterk lemige, humushoudende bovenlaag van 30–50 cm dikte

KLEI-OP-ZANDGRONDEN

minder dan 40 cm sterk en/of matig zandige klei, op pleistoceen zand

idem, maar met een kleidek van 40–80 cm dikte

minder dan 40 cm lichte klei, op pleistoceen zand

idem, maar met een kleidek van 40–80 cm dikte

KLEI-OP-VEENGRONDEN

minder dan 40 cm sterk en/of matig zandige klei, op veen

idem, maar met een kleidek van 40–80 cm dikte

minder dan 40 cm lichte klei, op veen

idem, maar met een kleidek van 40–80 cm dikte

minder dan 40 cm zware knippige klei, op veen

idem, maar met een kleidek van 40–80 cm dikte

Toevoegingen (behorend bij kaartje B)

veentussenlaag

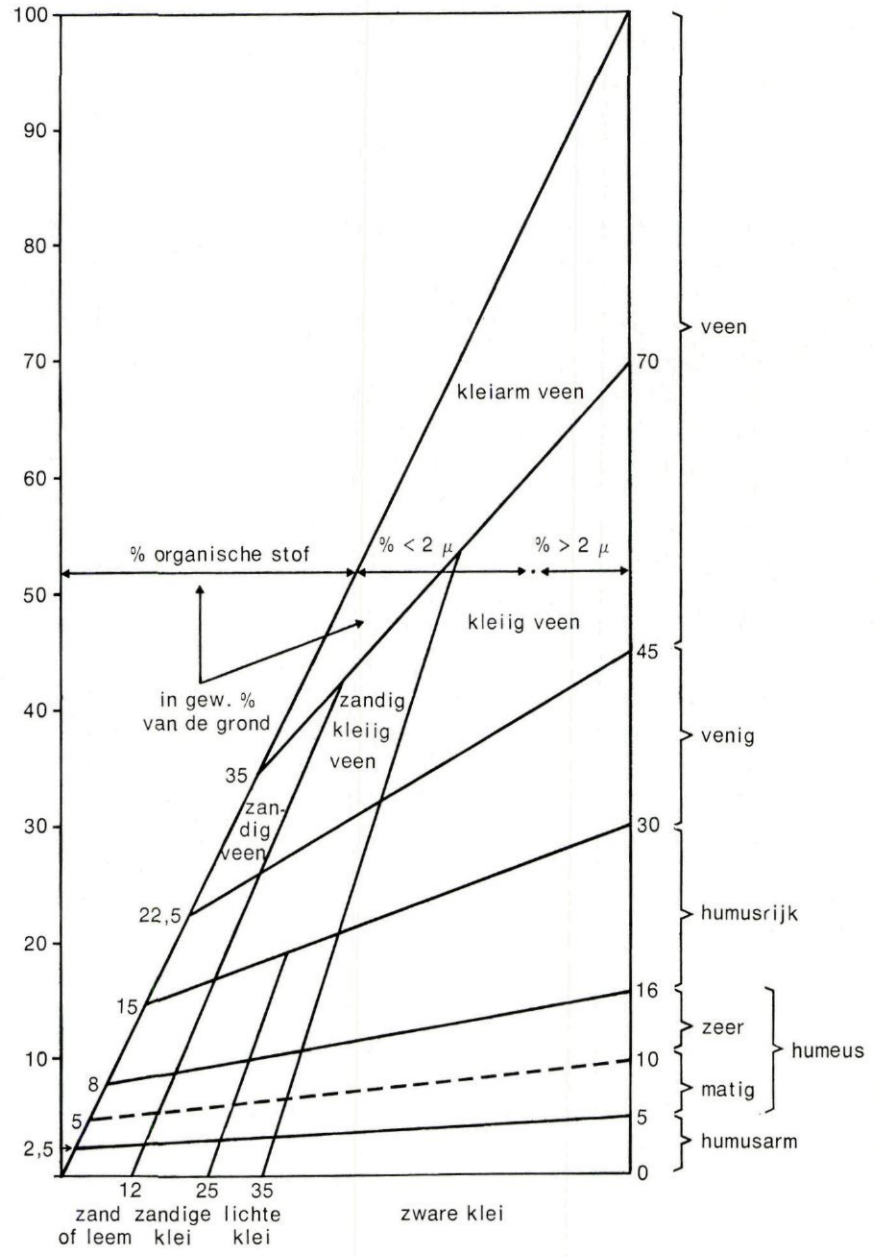
zandondergrond ondieper dan 120 cm

grof zand ondieper dan 40 cm

IV ORGANISCHE STOF, HUMUSKLASSEN, DIKTE VAN DE HUMUSHOUDENDE BOVENGROND EN KWALITEIT VAN DE HUMUS

Voor de benaming van de grond naar zijn organische-stofgehalte werd uitgegaan van het principe, dat naarmate de grond een hoger lutumgehalte heeft, het humusgehalte ervan hoger moet zijn om het gebruik van een bepaalde humusklasse te kunnen handhaven. Ter verduidelijking diene figuur 44.

Fig. 44. Indeling en benaming van humusklassen naar de ligging van het 2 mu-punt.



DIKTE VAN DE HUMUSHOUDENDE BOVENGROND

Bij de Zandgronden hebben de oude bouwlanden per definitie een zeer dikke humushoudende bovengrond (A-horizont) van meer dan 50 cm dikte.
Voor zover zulks van toepassing is, zijn bij de andere gronden twee onderscheidingen gemaakt, nl. ondiep en diep. *Ondiep* wil zeggen, dat de humushoudende bovengrond dunner is dan 30 cm, *diep* dat deze dikker is dan 30 cm. Bij de Zeekleigronden zijn van elke kaarteenheid in de legenda de humusklasse en de dikte van de humushoudende bovengrond (ondiep-diep) vermeld.
Oude bewoningsgronden zoals de terpen in het zeekleigebied die door menselijke bewoning tot grote diepte (in het algemeen $>$ 50 cm) donker gekleurd zijn, werden met toevoeging d aangegeven.
Humushoudende bovengronden van oude ontginningen (bij zand- en veenontginningsgronden) ter dikte van 30 à 50 cm zijn met toevoeging j aangegeven. Wanneer deze toevoeging ontbreekt, hebben de zandgronden (podzolen en gleygronden) in het algemeen een ondiep humushoudende bovengrond.

EIGENSCHAPPEN VAN DE ORGANISCHE STOF VAN DE BOVENGROND

De kwaliteit van de organische stof van de bovengrond der Veengronden is in twee klassen onderverdeeld, nl.:

gunstig: neemt na verdroging gemakkelijk water op
ongunstig: neemt na verdroging moeilijk water op

Ook wordt bij de Veengronden de term *verweerd* gebruikt. Ter toelichting diene het volgende:
Bij de ontwatering en ontginning van het veen wordt in de eerste plaats water aan de bovenste veenlagen onttrokken (= fysische rijping, zie pag. 84), waarbij tevens de oxydatie van deze lagen een aanvang neemt. Meestal is het milieu periodiek nog te nat voor het optreden van belangrijke biologische processen. Dergelijke fysisch min of meer gerijpte en door oxydatie enigszins aangetaste, oppervlakkige veenlagen noemt men *verweerde lagen.*
Bij een nog betere ontwatering, verder voortschrijdende fysische rijping en dieper doordringende oxydatie, wordt ook de biologische omzetting van de veenbovengronden van groot belang. Deze veenbovengronden worden dan door bodemdieren gehomogeniseerd, waardoor de grovere delen van het oorspronkelijke veen geheel of grotendeels verdwijnen. Men noemt deze gehomogeniseerde veenbovengronden *veraarde* lagen en zij bezitten steeds organische stof met gunstige eigenschappen.
Wanneer de bovengrond echter niet voldoende intensief biologisch is omgezet en er toch een sterke wateront-trekking optreedt, gaat de bovengrond verturven of irreversibel indrogen. In natte perioden wordt dan moeilijk water opgenomen en de herbevochtiging van de grond gaat zeer langzaam. Zulke veenbovengronden bevatten *organische stof met ongunstige eigenschappen.*
In de gronden met een te natte ligging, waarin het biologisch leven niet of nauwelijks op gang kan komen en de bovengronden zich niet verder dan het stadium der verwering ontwikkelen, wordt eveneens gesproken van *organische stof met ongunstige eigenschappen.*

KLEUR VAN DE HUMUS

De indeling der bovengronden van de zandgronden naar kleur in zwart en bruin vond aanvankelijk op het oog plaats. Later toen het gebruik van de Munsell Soil Color Charts in zwang kwam bleek dat de op de achterkant van blad 10 vermelde normen ongeveer het onderscheid tussen zwart en bruin weergeven.
De bruine bovengrond is met toevoeging (k) aangegeven. In Friesland zijn alleen in Gaasterland bruine bovengronden onderscheiden.

KOOLSTOF/STIKSTOFVERHOUDING

Hoewel het quotiënt van C/N niet als indelingscriterium is gebruikt in de legenda, wordt het in veel analysegegevens

in hoofdstuk V genoemd. Het quotiënt van C/N geeft een mogelijkheid de humus te karakteriseren. In het algemeen kan gesteld worden dat een laag quotiënt duidt op een gunstige humusvorm. Zeekleigronden hebben lage quotiënten (9 à 12); in humuspodzolen komen quotiënten van 15 à 20 voor.
De *zwarte* humeuze bovengronden hebben een hoger quotiënt, dan de *bruine* bovengronden. Gleygronden (beekdalgronden) hebben ook vaak vrij lage quotiënten.
Bij de veengronden heeft de organische stof met gunstige eigenschappen lagere quotiënten dan de organische stof met ongunstige eigenschappen.

V DE INDELING IN TEXTUURKLASSEN

Zeekleigronden

De indeling berust op het gehalte aan de fractie $<$ 2 mu (lutum). Welke onderscheidingen werden gemaakt, toont de tabel op de achterkant van blad 10. In de legenda worden steeds de in de eerste kolom vermelde benamingen toegepast. In de tekst zijn veelal de termen zeer lichte zavel, lichte- en zware zavel gebruikt in de plaats van de namen sterk kleiig zand, sterk- en matig zandige klei.
Zand en kleiig zand werden soms nog onderverdeeld in grof en fijn, op grond van de ligging van de mediaan van de fracties $>$ 50 mu, de M50[1]. In de meeste zeekleigronden in Friesland bedraagt de verhouding tussen het lutumgehalte ($<$ 2 mu) en het slibgehalte ($<$ 16 mu) 0,6 à 7. Bij sloefige gronden o.a. in de Noordoostpolder bedraagt deze verhouding 0,35 à 0,50.

Zand- en Leemgronden

Deze zijn ingedeeld naar het gehalte aan deeltjes $<$ 50 mu (volgens de tabel op de achterkant van blad 10).
De grens tussen zand en leem ligt bij een gehalte van $32\frac{1}{2}\%$ bestanddelen $<$ 50 mu. Meer dan $32\frac{1}{2}\% <$ 50 mu wordt dus *leem* genoemd, met al dan niet een zandige bijmenging.
Het zand is naar de grofheid nog ingedeeld in *fijn zand* en *grof zand*, waarbij de M50 = 200 mu als grens werd gebruikt[1].
Bij fijn zand ligt de helft van de som der fracties $>$ 50 mu beneden de 200 mu-grens, bij grof zand ligt meer dan de helft boven de 200 mu-grens.
Grind is materiaal waarvan de deeltjes groter zijn dan 2 mm.

VI PROFIELVERLOOP

Bij de Zeekleigronden is het profielverloop dwz. de verandering in korrelgrootte in het profiel van boven naar beneden, als indelingscriterium gebruikt.
Wanneer het profiel *aflopend* is, wil dat zeggen dat het lutumgehalte bij een toenemende diepte geleidelijk afneemt. *Homogeen* is een profiel, wanneer bij toenemende diepte het lutumgehalte vrijwel gelijk blijft. Tenzij anders vermeld, gelden deze begrippen voor de bovenste 80 cm van het profiel.
Veel van de Zeekleigronden in Friesland zijn aflopend tot homogeen (bijv. kaarteenheden 7, 8, 9, 19, 20, 21 en 22). Er is hier echter nog verschil in die zin, dat er profielen zijn die snel, maar ook die geleidelijk aflopen.
In gronden met een *zwaardere ondergrond* is het lutumgehalte van de ondergrond aanzienlijk hoger. Sommige jonge zeekleigronden (kaarteenheden 10 en 11) alleen voorkomend op de Waddeneilanden hebben een ondergrond van kleiarm zand, de diepte waarop die begint werd aangegeven nl. tussen 50 en 80 cm, resp. binnen 50 cm.
Bij de kaarteenheden 4 en 5 (buitendijkse gronden langs de Waddenkust) werd aangegeven of er al dan niet kleiarm

[1] De mediaan (M50) is het getal, dat de korrelgrootte aangeeft, waarboven en waaronder 50 gewichtsprocenten van de fracties $>$ 50 mu voorkomen.

zand binnen 80 cm voorkomt. De iets diepere grens houdt verband met de inklinking van het kleiige materiaal tijdens de rijping. Als overgangsgebied tussen de dunne klei-op-veengronden en de zeekleigronden ligt een strook zeekleigronden waar de veenondergrond begint op een diepte tussen 40 en 80 cm (eenheid 38).
De Zandgronden werden niet ingedeeld naar het profielverloop. Dit verloop werd dan ook niet speciaal in de legenda aangegeven. Tenzij in de legenda of in de beschrijving van de kaarteenheid in de tekst anders is vermeld, kan in het algemeen aangenomen worden dat men met homogene gronden te maken heeft of met gronden, die naar beneden iets lichter worden, dwz. dat het leemgehalte lager wordt.
Diverse afwijkingen en bijzonderheden in het profielverloop werden bij deze gronden en ook bij de Zeeklei- en Veengronden met toevoegingen aangegeven. In de legenda werden ze opgesomd onder de letters m t/m u. De daar gegeven omschrijving spreekt verder voor zichzelf.
Een belangrijke toevoeging die bij veel zandgronden en soms bij veengronden in het noordelijk zandgebied voorkomt, is s, het symbool voor keileem of tertiaire en oudere leem of klei, aanwezig binnen 125 cm beneden maaiveld. De toevoeging t voor zeer zware oude klei (potklei) binnen 125 cm komt in geringe oppervlakte voor (zie fig. 5).

VII HORIZONTBENAMING

In het aan de oppervlakte liggend materiaal, gedeponeerd of ontstaan ten gevolge van geologische processen, voltrekken zich op den duur bepaalde veranderingen, die met de naam *bodemvorming* worden aangeduid. Daarbij ontstaan *bodemhorizonten*.
Een bodemhorizont kan gedefinieerd worden als een ongeveer evenwijdig aan het maaiveld lopende laag in de grond, waarvan de kenmerken zijn ontstaan ten gevolge van bodemvormende processen (pedogenese).
Behalve horizonten kunnen er in een profiel tevens lagen voorkomen, die hun ontstaan te danken hebben aan het verschil in afzetting (geogenese), bijvoorbeeld een kleilaag op veen. Deze worden nimmer als horizont aangeduid, maar als *laag*. De horizonten verschillen van elkaar in kleur, structuurdichtheid, vastheid, enz. De dikte varieert van enkele mm's tot vele dm's.
Het is een internationaal gebruik de horizonten met vaste letter- en cijfercombinaties aan te duiden. De belangrijkste zullen hier worden opgesomd[1]. Men onderscheidt drie hoofdhorizonten, die met de letters A, B en C worden aangegeven (zie fig. 45).

Hoofdhorizont A

Deze wordt gekenmerkt door:
1. minerale horizonten met maximale ophoping van organische stof; of
2. horizonten waar klei, ijzer en aluminium zijn uitgespoeld en meer resistente mineralen zijn overgebleven; of
3. een combinatie van 1 en 2.

De A-horizont wordt als volgt onderverdeeld (van boven naar beneden):

A00, in hoofdzaak bestaande uit onverteerde planteresten;

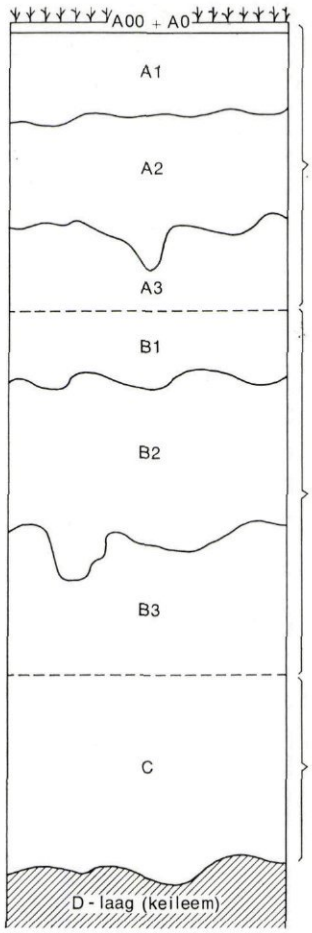
A0, gedeeltelijk verteerde planteresten;

A00 en A0 vindt men in ongeploegde gronden. Deze horizonten behoren niet tot het eigenlijke bodemprofiel en derhalve meet men de diepte van de verschillende horizonten vanaf de bovenzijde van de A1;

A1, dit symbool geeft de bovenste horizont van het profiel aan. Deze horizont heeft een relatief hoog gehalte aan organische stof, is intensief gemengd met minerale bestanddelen, is gewoonlijk donker van kleur en wordt in het algemeen de „bovengrond" genoemd. Het is bijna steeds de horizont met maximale biologische activiteit. Een geploegde A1-horizont, de bouwvoor, wordt als A1p aangeduid. Een onder menselijke invloed ontstane bovengrond, bijvoorbeeld het oude-bouwlanddek wordt als Aan geschreven (*an* is afkomstig van anthropos = mens).

[1] Beschrijving grotendeels ontleend aan het Soil Survey Manual, 1951.

Fig. 45. Horizonten en hun benaming in een schematisch profiel van een zandgrond met keileem in de ondergrond.



Hoofdhorizont A. Hierin treedt materiaalverplaatsing van boven naar beneden op, door uitloging

Hoofdhorizont B. Hierin vindt ophoping van uit de A-horizont afkomstig materiaal plaats

Hoofdhorizont C. Deze bestaat uit het oorspronkelijke moedermateriaal

A2, deze horizont is meestal lichter van kleur dan de onderliggende. Door uitloging is deze het armst aan humus, kleimineralen, ijzer of aluminium of aan alle drie. Het is de zone met maximale uitspoeling.

A3, dit is de overgangshorizont naar de onderliggende B-horizont, echter met meer kenmerken van A dan van B. Deze horizont wordt, wanneer de overgangszone dun of onduidelijk is, soms als AB aangegeven.

Hoofdhorizont B

Deze wordt gekenmerkt door:
accumulatie van klei, aluminium, ijzer of humus of een combinatie van deze stoffen.
De onderverdeling is als volgt:

B1, de overgangshorizont van A naar B, waarin echter de inspoelingskenmerken overwegen;

B2, de horizont met maximale inspoeling. Is dit materiaal in hoofdzaak klei, dan gebruikt men de aanduiding B2t (textuur-B); is het humus, dan duidt men het aan met B2h. Op overeenkomstige wijze wordt ijzerinspoeling aangegeven nl. als B2ir;

B3, dit is de overgang van B naar C, waarbij echter de kenmerken van B overheersen.

Hoofdhorizont C

Deze bestaat uit niet of slechts weinig door bodemvorming veranderd moedermateriaal. Het moedermateriaal, waarin alleen ontkalking heeft plaatsgevonden, wordt nog tot deze horizont gerekend. De C-horizont in kleigronden is vaak in C1 en C2 onderverdeeld. Met C1 wordt dan het moedermateriaal aangegeven, waarin reeds ontkalking plaatsvond, met C2 onveranderd moedermateriaal.

D-laag

Dit is elke laag gelegen onder de C-horizont (of de B-horizont ingeval de C-horizont afwezig is), die sterk afwijkt van de bovenliggende horizonten. Als voorbeeld van een D-laag kunnen we noemen de keileem onder het zandprofiel.

G-horizont

Dit is een belangrijke horizont (de zg. gley-horizont) in profielen met een sterke invloed van grondwater. Bij aanwezigheid van organische stof in een reducerend milieu is het ijzer in ferrovorm overgegaan. De kleur is meestal grijs tot blauwgrijs. Wanneer dit profieldeel altijd met water verzadigd is, spreekt men wel van de zone van permanente reductie. Vergelijkbaar met de G-horizont is de niet-geoxydeerde horizont in veenlagen, die roodbruin tot vaalbruin van kleur is.
Wanneer de A-, B-, of C-horizonten duidelijke kenmerken van grondwaterinvloed, zoals roest- en reductieverschijnselen vertonen, wordt aan de symbolen de letter g toegevoegd: bijvoorbeeld A1g, C2g.

Bij profielbeschrijvingen is het vaak nodig de horizonten verder onder te verdelen. Hiertoe worden de cijfers 1, 2 enz. aan de horizont-codes toegevoegd. Men kan op deze manier de A2-horizont bijvoorbeeld onderverdelen in A21 en A22. Bij lang niet alle bodemprofielen treft men de hierboven genoemde hoofdhorizonten aan. Veel gronden missen bijvoorbeeld de B-horizont. Men spreekt dan wel van A-C-profielen. Dikwijls is bij deze gronden de A-horizont in verschillende graden van duidelijkheid ontwikkeld. Bij de jonge gronden zoals de duinen, jonge kleigronden en stuifzanden is de A-horizont nog onduidelijk, in tegenstelling tot de oudere gronden, die meestal een duidelijk ontwikkelde A-horizont hebben.
In de beekdalen komen ten gevolge van de natte positie gronden voor waar een duidelijke A direct ligt op de Cg-horizont (gleygronden).

VIII DE VOCHTHUISHOUDING

De Zandgronden en de veenontginningsgronden werden op niveau III in *lage*, *middelhoge*- en *hoge gronden* of in combinaties van deze onderscheidingen ingedeeld.
Bij de Zeekleigronden en de Veengronden werd deze onderscheiding niet doorgevoerd, omdat een dergelijke indeling hier minder zinvol werd geacht.
Gronden met de kwalificatie *laag* zijn ontwikkeld onder sterke invloed van grondwater. Tenzij door kunstmatige ontwatering het grondwaterregime aanzienlijk veranderd is, zal de grondwaterstand een groot deel van het jaar hoog zijn (om de gedachten te bepalen minder dan 1 m beneden maaiveld) of althans zal een belangrijk deel van het profiel lange tijd verzadigd zijn met water.
De *hoge* gronden hebben zich ontwikkeld zonder grondwaterinvloed. Ook het tegenwoordige grondwaterverloop speelt zich diep beneden het maaiveld af en verzadiging met water van de bovenste 50 à 100 cm van het profiel komt, tenminste voor een tijdsduur van enige betekenis, niet voor. Profielen als deze worden ook als *hangwaterprofielen* gekenmerkt.
De *middelhoge* gronden zijn ontwikkeld in een tussenpositie. Tijdens de vorming zal de grondwaterstand gedurende

een deel van het jaar (vooral in de winter, doch ook in voor- en najaar) tamelijk hoog en het onderste deel van het profiel met water verzadigd zijn geweest. Tijdens de zomerperiode zal de grondwaterinvloed ontbroken hebben. Overwegend wordt dit beeld van de waterhuishouding aangetroffen in de zandgronden, als gevolg van de veelal aanwezige keileemondergrond.
Met deze indeling wordt dus een onderscheid gemaakt naar de diepte, gerekend t.o.v. het maaiveld waarop de grondwaterbeweging zich tijdens de profielvorming afspeelde. De profielontwikkeling wordt er sterk door beïnvloed.
Podzolering in dekzand bijvoorbeeld doet in een hoge grond een profiel met andere eigenschappen en kenmerken ontstaan, dan in een lage grond.
Voor de landbouwkundige waardering van de grond is echter de actuele diepteligging van het grondwater van grote betekenis, aangezien de mogelijkheid van vochtlevering aan de gewassen en de luchthuishouding van de grond, er sterk door bepaald worden. Nu geschiedt bij de kartering de toekenning van de kwalificatie hoog, middelhoog of laag, op grond van de af- of aanwezigheid — in het laatste geval gebaseerd op het duidelijk voorkomen — van diverse kenmerken in het profiel, die een gevolg zijn van de grondwaterinvloed tijdens de profielvorming.
Het komt echter voor, dat gronden, die bijvoorbeeld duidelijke kenmerken van een lage grond vertonen, na hun vorming zo sterk ontwaterd zijn, dat de huidige grondwaterinvloed overeenkomt met die in middelhoge of zelfs hoge gronden. Zulke gronden staan als laag op de kaart. Omgekeerd komt het ook voor, dat in hoge of middelhoge gronden (kaarteenheden 107 en 116) met een infiltratiesysteem, de huidige grondwaterinvloed overeenkomt met die in middelhoge respectievelijk lage gronden. Voorbeeld: De opmalingsgebieden rondom Garijp en Oudega (Sm.).
Ten gevolge hiervan geeft de indeling: hoog-middelhoog-laag niet steeds een beeld van de werkelijke, actuele grondwaterinvloed. Onder de kenmerken, die een gevolg zijn van de grondwaterinvloed, nemen de gleyverschijnselen een belangrijke plaats in. Hiertoe worden de roest- en reductieverschijnselen en de zone met permanente reductie gerekend. De diepte beneden maaiveld, waarop deze voorkomen, eventueel gecombineerd met te stellen eisen inzake de duidelijkheid ervan, zijn bepalend voor de indeling.
Soms is het nodig, bijvoorbeeld bij sommige zandgronden waarin geen ijzer voorkomt, andere kenmerken te hanteren. De aard en de ontwikkeling van de A- en/of B-horizont kan dan bepalend zijn. Een venige A1-horizont is bijvoorbeeld vaak voldoende om een grond als laag te classificeren. Ook niet zuiver bodemkundige kenmerken, als een sterk vertrapte zode, het voorkomen van veel sloten en greppels e.d., worden als aanwijzingen gebruikt.
Algemene regels voor de kenmerken, die moeten voorkomen, om een profiel hoog, middelhoog of laag te noemen kunnen echter moeilijk gegeven worden. Bij een bepaald grondwaterregime kunnen, afhankelijk van factoren als: textuur, structuur en doorlatendheid van de grond en het eventueel voorkomen en de aard van organische stof, zeer verschillende kenmerken ontstaan.
De grenzen tussen de onderscheidingen: hoog, middelhoog en laag kunnen daarom niet steeds scherp worden getrokken en er zal overlap voorkomen. Ter toelichting op het hierboven besprokene zullen enkele, hoofdzakelijk aan de Zandgronden ontleende voorbeelden worden genoemd van het verband tussen profielkenmerken en grondwaterklassen.
Kaarteenheid 101: Lage humuspodzolen in zeer arm zand. Hierin wordt vaak geen roest en geen totale reductie waargenomen. Uit andere kenmerken kan echter worden afgeleid, dat deze gronden laag zijn. Zo kan de A1-horizont venig ontwikkeld zijn. De kleur van de B-horizont heeft vaalbruine tinten. De bovenkant kan sterk kazig ontwikkeld zijn, dwz. bij het wrijven gaat de (disperse) humus aanvoelen als zachte kaas. De A2-horizont ontbreekt meestal.
Kaarteenheid 102: Lage gleygronden in zeer arm zand. Deze gronden bevatten over het algemeen wel ijzer, soms zelfs veel. In de zodelaag komt meestal reeds roest voor. Zeker binnen 30 à 40 cm beneden maaiveld. Dieper in het profiel zijn naast roestvlekken ook reductievlekken aanwezig. Nog dieper gaat de reductiekleur (grijs-grauwgrijs) overheersen. Hiermee is de zone met totale reductie bereikt. De diepte hiervan komt ongeveer overeen met de allerdiepste standen van het grondwater. De totale reductie komt veelal voor binnen 1 à 1,25 m beneden het maaiveld.
De kenmerken voor de onderscheiding laag, zijn het voorkomen van duidelijke roest, naast reductievlekken, die ondiep beginnen en het voorkomen van een zone met totale reductie.
In de middelhoge podzolen in zeer arm zand (eenheden 107 t/m 110) komen soms roestverschijnselen voor, beginnend op een diepte van 40 à 80 cm, aan de onderkant van de B-horizont. Vaak ontbreken ze echter als gevolg van de

ontijzering van de profielen. Andere profielkenmerken zijn dan vaak aanwezig die informaties kunnen geven. De bovenkant van de B-horizont is vaak zwak kazig, tegenover sterk kazig bij de lage- en niet kazig bij de hoge podzolen. In andere gevallen valt in en onder de B-horizont (op een diepte van ca. 40 à 80 cm) een bepaalde vorm van vlekkigheid waar te nemen, die bij de hoge podzolen ontbreekt. Deze vlekkigheid ontstaat door de afwisselend reducerende en oxyderende omstandigheden in dit deel van het profiel, waar ijzer ontbreekt, maar waar nog wel een, zij het dikwijls geringe hoeveelheid organische stof aanwezig is. Men spreekt hier wel van pseudogley, in tegenstelling tot echte gley, die aan het voorkomen van ijzer is gebonden (Van Diepen, 1957).
Het onderscheiden van de hoge gronden levert meestal weinig moeilijkheden op, daar het voorkomen hiervan vaak aan bepaalde landschapsvormen is gebonden. Zeer duidelijk is dit bij de stuifzandgronden, de podzolen en de oude bouwlanden, die dikwijls op dekzandruggen liggen.
Bij de veenkoloniale gronden worden behalve lage gronden (kaarteenheden 94, 95 en 96) associaties van middelhoge en hoge gronden onderscheiden (kaarteenheden 97, 98 en 99).
Zeer lage gronden worden gekenmerkt door: een veel hoger humusgehalte in de bouwvoor, het voorkomen van een dikke veenlaag, of door een zandondergrond met de kenmerken van een sterke grondwaterinvloed.
Ten slotte zij nog opgemerkt, dat een bijzonder aspect van de vochthuishouding als toevoeging is aangegeven. Gronden die bij hoge vloed- en waterstanden overstroomd worden, zoals de bekade buitendijkse gronden van het Noorderleeg en de Makkumer Waard zijn met toevoeging w aangegeven.

Bodemvorming

Bodemvorming is een moeilijk te definiëren begrip. We kunnen het met de volgende omschrijving benaderen: *bodemvorming* is het ontstaan van horizonten in het buitenste deel van de aardkorst, veroorzaakt door allerlei processen. Het resultaat heet een *bodem* (bijvoorbeeld: een humuspodzol). Men zou een verschil kunnen maken tussen bodem en *grond*, namelijk naar de aanwezigheid, resp. de afwezigheid van horizonten[1]. Het spraakgebruik, ook in kringen van vakgenoten, maakt dit fundamentele onderscheid echter niet en gebruikt beide woorden door elkaar.
Belangrijke factoren die de aard van de bodemvorming beïnvloeden, zijn de volgende:

1 *moedermateriaal*; samenstelling, hardheid
2 *reliëf*; expositie, helling, hoogte boven het grondwater
3 *klimaat*; temperatuur, neerslag
4 *tijd*; duur van een proces
5 *biosfeer*; menselijke activiteit (drainage, inpolderen, bemesten, grondverbeteren etc.), plantengroei (veensoorten, invloed bos of hei), bodemdieren (wormen, insecten).

Een langdurige bodemvorming in de vorm van verarming en uitspoeling heeft de meest uitgesproken bodemprofielen tot gevolg. Men spreekt dan van *heterogenisatie* (Veenenbos, 1953). Het profiel is gekenmerkt door scherp begrensde, sterk verschillende horizonten[2].
Gronden met een sterke heterogenisatie zijn landbouwkundig meestal slecht. Er komen ook gronden voor waarin een oorspronkelijke geologische gelaagdheid is verdwenen. Als de voorwaarde voor de bodemfauna gunstig is, kan door toedoen van de bodemdieren een intensieve menging optreden. Ook dit wordt een bodemvormend proces genoemd, namelijk *homogenisatie* (Hoeksema, 1953). In het algemeen zijn gehomogeniseerde gronden landbouwkundig gunstig.
De gronden in Friesland zijn naar de duur van de bodemvorming te splitsen in:

1 De klei- en veengronden, waarop de bodemvorming nog slechts kort heeft ingewerkt.
2 De pleistocene zandgronden, met langdurige bodemvorming.

Behalve de duidelijke invloed van de *tijd*, zijn in Friesland de eigenschappen van het *moedermateriaal* (zand, veen en klei) en het *reliëf* van het landschap (hoogteligging boven het grondwater) van groot belang bij het resultaat van de bodemvormende processen.

I BODEMVORMING IN KLEIGRONDEN

In het Friese kleigebied vinden we binnen een diepte van 120 cm alleen mariene sedimenten. Deze zijn in een min of meer zout milieu afgezet onder invloed van de getijdenbeweging. Het sediment bestaat uit een mengsel van lutum

[1] Een bodemprofiel is de verticale doorsnede van een grond zoals die te zien is in een kuil. De verschillende lagen in een bodemprofiel worden horizonten genoemd.
[2] Deze horizonten kunnen in vele opzichten van elkaar verschillen, bijv. in het gehalte aan humus, ijzer, lutum, koolzure kalk, kleur, structuur en consistentie.

(< 2 mu), silt (2–50 mu), zand (50–2000 mu), koolzure kalk en organische stof. In de lutumfractie neemt het kleimineraal *illiet* de belangrijkste plaats in (ca. 70%). De zandfractie bestaat overwegend uit *kwarts*, de „tussenfractie" silt bevat behalve een dominerende hoeveelheid kwarts nog gemakkelijk verweerbare, andere mineralen.
De eigenschappen van het sediment zijn in sterke mate gebonden aan het afzettingsmilieu van het verse slib, omdat een aantal belangrijke eigenschappen van het slib, zoals het gehalte aan koolzure kalk, de kationenbezetting, de hoeveelheid en de aard van de organische stof, de lutum/slib-verhouding en het gehalte aan polysulfiden ook sterk aan het afzettingsmilieu is gebonden. In slib dat gesedimenteerd is in zout water zijn de kationen Na^+ en Mg^{++} ver in de meerderheid en is ook het kation K^+ goed vertegenwoordigd. Het Ca^{++} kation daarentegen is in geringe mate aanwezig. Dit in tegenstelling tot vers slib uit een zoetwatergebied (rivier) waar de kationenbezetting reeds voor bijna 90% uit Ca^{++} bestaat en Na^+, Mg^{++} en K^+ slechts in zeer geringe mate aanwezig zijn.

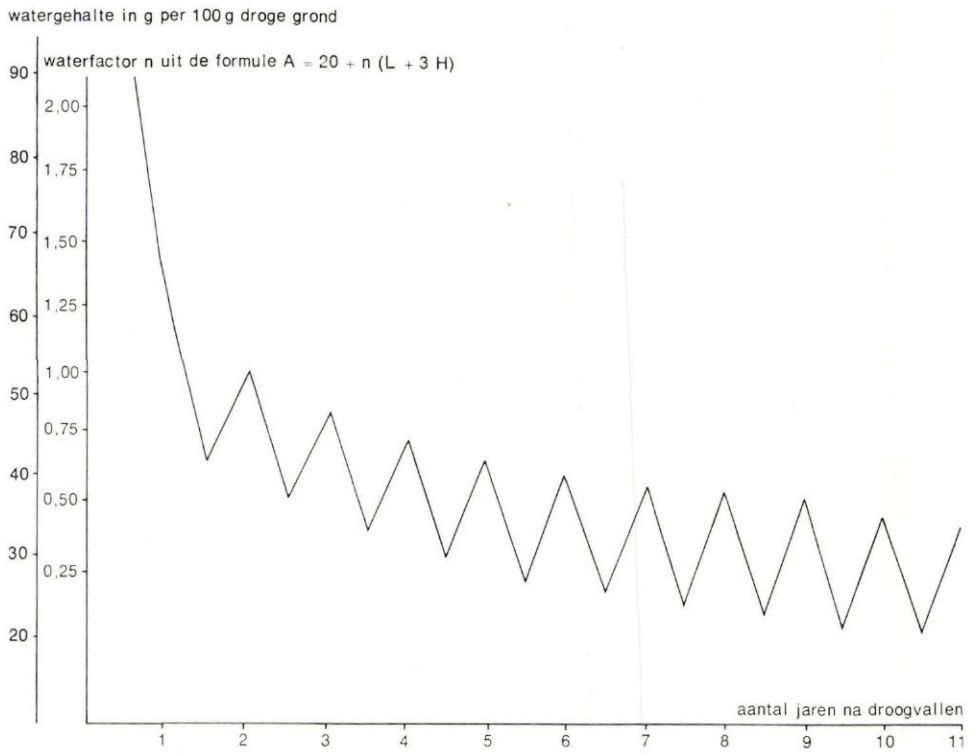
Tabel 3. Voorbeeld van de kationenbezetting van vers slib uit een zout en zoet afzettingsmilieu

	% *lutum*	% *humus*	% $CaCO_3$	*pH (KCl)*	*geadsorbeerde kationen in procenten van hun som*			
					Ca	*Mg*	*K*	*Na*
Waddenslib	30,4	5,5	13,1	7,5	15,8	33,3	10,7	40,2
Rivierslib[1]	29,0	4,0	19,3	7,2	85	6	1	2

Een andere belangrijke eigenschap van het slib is het gehalte aan polysulfiden (o.a. pyriet). In het zoute sedimentatiemilieu bevat het slib vaak een aanzienlijke hoeveelheid pyriet, hetgeen van belang is bij de chemische rijping. Na de sedimentatie van het materiaal begint de bodemvorming met het rijpingsproces. We kunnen drie vormen van rijping onderscheiden:
a. fysische rijping, b. chemische rijping en c. biologische rijping.
a. Onder *fysische rijping* wordt verstaan het proces, waarbij uit een weke modder een vaste stevige grond wordt gevormd (Zonneveld, 1956; Zuur, 1958, 1961). De los gestapelde kleideeltjes komen door waterverlies dichter opeen te liggen. De hoeveelheid water die er tussen kan worden geborgen, vermindert. Weer uiteenwijken der plaatjes is niet mogelijk omdat ze door elektrische krachten worden vastgehouden. Ook zijn de optredende krachten bij bevochtiging geringer dan bij uitdroging. Wel neemt het watergehalte in de winter weer toe, maar het bereikt dan niet zijn oorspronkelijk niveau (fig. 46). In het volgende voorjaar volgt weer een daling. Dit proces gaat zolang door tot een evenwichtsstadium is bereikt. De wateronttrekking door planten is wel de voornaamste oorzaak van het waterverlies dat met de fysische rijping gepaard gaat. De vegetatie is dus zeer belangrijk.
Zichtbare gevolgen van de fysische rijping zijn de scheurvorming en het door het waterverlies veroorzaakte inklinken. Bij hogere lutum- en organische-stofgehalten zal het scheuren en klinken heviger zijn.
De snelheid van een fysische rijping zal o.m. afhangen van de profielopbouw, de vegetatie en de mogelijkheid van ontwatering (greppels bij de landaanwinningswerken).
De kaarteenheden 2, 4 en 5 in de buitendijkse gronden zijn meestal slechts tot 20 à 40 cm gerijpt. Bij kaarteenheid 43 die betrekking heeft op oude inbraak- en erosiegebieden en drooggemalen meren is de rijping in vele gevallen beperkt tot een diepte van 80 cm. De overige zeekleigronden in Friesland zijn alle steeds tot een diepte van meer dan 80 cm gerijpt.
Resumerend: de fysische rijping wordt gekenmerkt door uitdroging, scheurvorming en het ontstaan van een grotere doorlatendheid en draagkracht.
b. Tijdens en ook na de fysische rijping treden er in het sediment een aantal chemische processen op, die *chemische rijping* worden genoemd. De voornaamste veranderingen die hierbij optreden, berusten op de oxydatie van sulfiden, de omzetting van oorspronkelijk aanwezige organische en anorganische verbindingen en de verschuivingen in de

[1] Analysegegevens rivierslib zijn beschikbaar gesteld door Ir. J. N. B. Poelman.

Fig. 46. Verband tussen het verloop van het watergehalte in slib en de tijd (naar Zuur, 1958).



bezetting van het adsorptiecomplex. De zeekleigronden bevatten in het slibstadium bijna alle een zekere hoeveelheid sulfiden meest in de vorm van pyriet. Bij oxydatie vormt zich zwavelzuur (H_2SO_4). Met de in de klei aanwezige koolzure kalk ontstaat gips ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$). Nu blijkt, dat er tussen de afzettingen onderling verschillen zijn in de gehaltes koolzure kalk en sulfiden. Is er bijvoorbeeld een overmaat van zwavelverbindingen dan ontstaat het zure basisch ferrisulfaat. Kenmerkend voor een klei met een overmaat van basisch ferrisulfaat zijn de gele vlekken. De klei heeft zeer lage pH's van 3 à 4 en wordt katteklei genoemd (Van der Spek, 1950; Harmsen, 1954; Zuur, 1954). In Friesland komt weinig katteklei voor en dan meestal nog alleen in de ondergrond, bijvoorbeeld in kaarteenheid 43. In de jonge zeekleigronden met een overmaat van koolzure kalk wordt geen katteklei aangetroffen.

Een ander aspect van de chemische rijping is de oxydatie van de tweewaardige ijzerverbindingen (ferro) tot driewaardige ijzerverbindingen (ferri). Dit oxydatieproces wordt mogelijk na de fysische rijping, als er lucht in de grond kan dringen. Dit proces is zichtbaar aan de kleurverandering. De ferroverbindingen geven de grond een blauwzwarte kleur, terwijl de ferri-verbindingen bruine kleuren vertonen. In een jonge grond zien we de bruinkleuring ontstaan langs scheuren en wortelkanaaltjes.

Aan het adsorptiecomplex bij ongerijpte mariene gronden zijn hoofdzakelijk Na- en Mg-ionen gebonden. Tijdens de rijping worden de Na- en Mg-ionen door Ca-ionen van het complex verdrongen. Via het uit de omzettingsprodukten van sulfiden en koolzure kalk gevormde goed oplosbare gips ($CaSO_4$) komen veel Ca-ionen in het bodemvocht. Deze verdringen de Na- en Mg-ionen en worden zelf geadsorbeerd. De snelheid waarmee deze omwisseling plaatsvindt hangt af van de concentratie der Ca-ionen in het bodemvocht en de afvoermogelijkheden van de uitwisselingsprodukten. Normaal vindt een snelle omzetting plaats van de Na-Mg-klei in een Ca-klei[1] (Van der Molen, 1957; Verhoeven, 1953).

[1] Op grote schaal heeft men van gips gebruik gemaakt bij de bestrijding van de nadelige gevolgen van de inundaties met zout water na de ramp in 1953 in zuidwestelijk-Nederland.

In de kalkrijke en kalkhoudende jonge zeekleigronden (kaarteenheden 7, 8, 9 en 11) is bovengeschetst proces gunstig verlopen, zodat nu de Ca-ionen verreweg het grootste deel uitmaken van de geadsorbeerde kationen (zie tabel 4). In de gronden met een laag gehalte aan koolzure kalk en aan sulfiden zijn de mogelijkheden voor de omwisseling der Na- en Mg-ionen gering. De produktie van gips is te klein. Daar het Na-ion op den duur door spontane uitwisseling met de overtollige neerslag afgevoerd wordt, blijft er een hoog gehalte aan Mg-ionen aan het complex gebonden. In het algemeen kan gezegd worden dat op deze manier de *knipklei* is ontstaan. De karakteristieke kenmerken van de knipkleigronden zijn de zeer slechte structuur en het sterke krimpen en zwellen bij resp. uitdrogen en nat worden. Deze gronden hebben steeds een hoog gehalte aan geadsorbeerde Mg-ionen. De *knippige gronden*, die de knipeigenschappen in een lichtere graad bezitten, hebben in het beginstadium een hoger gehalte aan koolzure kalk en/of een hoger gehalte aan sulfiden gehad. De gipsproduktie was echter nog te laag voor de gehele verdringing van de Na- en Mg-ionen. Het gehalte aan geadsorbeerde Mg-ionen is nog aanmerkelijk hoger gebleven dan van de normale jonge kalkrijke zeekleigronden.
De kleigronden van Friesland hebben nog slechts een gering gehalte aan geadsorbeerde Na-ionen in het bovenste deel van het profiel. Alleen in lage delen (kaarteenheid 43) wordt een hoog Na-gehalte aan het complex gevonden als gevolg van zoute kwel. In tabel 4 worden de analysecijfers gegeven van een normale jonge zeekleigrond, een knipkleigrond en een knippige lichte kleigrond. Opvallend is het verschil in de gebonden kationen.

Tabel 4. Analysegegevens van monsters van drie verschillende soorten kleigronden

	diepte in cm	*% lutum*	*% humus*	*% $CaCO_3$*	*geadsorbeerde kationen in procenten van hun som*				*Ca/Mg*
					Na	*K*	*Mg*	*Ca*	
normale jonge zeekleigrond	15–30	37	5,1	3,1	1,2	1,8	8,5	88,2	10,4
knipkleigrond	20–30	43	3,1	0,1	1,2	2,2	28,4	68,5	2,4
knippige lichte kleigrond	20–40	32	4,7	0,0	0,8	2,–	14,1	83,2	5,9

c. Tijdens en na de fysische en chemische rijping begint de *biologische rijping*. Hieronder worden verstaan de veranderingen die door toedoen van de flora, maar vooral van de bodemfauna in een grond plaatsvinden. De plantengroei levert de organische stof die de bodemfauna op haar beurt weer omzet in gunstige humusvormen en deze tevens vermengt met de minerale delen. Deze homogenisatie is wel het belangrijkste aspect van de biologische rijping. Daar deze rijping sterk gestimuleerd wordt door een grasbegroeiing worden jonge kwelders graag eerst als grasland geëxploiteerd. Vooral in de hoger gelegen kleigronden met een gunstige pH en diepe grondwaterstanden komen diep homogene profielen voor. De gronden vertonen als gevolg van een intensieve menging der bruine ijzerverbindingen een homogene bruinkleuring. Een diep doorgaande bruinkleuring wordt landbouwkundig als zeer gunstig beoordeeld, omdat behalve het verdwijnen der natuurlijke gelaagdheid tevens de structuur gunstig beïnvloed wordt door de humusvorming. Gehomogeniseerde gronden treffen we aan in de kaarteenheden 7, 8 en 9 (Het Bildt) en 19 (de licht zavelige kwelderwallen).

II BODEMVORMING IN VEENGRONDEN

Fysische rijping

Veen ontstaat wanneer de produktie van organisch materiaal groter is dan de afbraak. De afgestorven plantendelen worden onder water geconserveerd. Door de grove structuur bevat veen in ongerijpte toestand veel meer water dan ongerijpte klei; na rijping zal de klink in veen veel groter zijn dan in klei. De fysische rijping van veen wordt bevorderd door de afwatering via sloten en greppels en door de wateronttrekking via de wortels van een gewas. De

lage ligging en de geringe ontwateringsdiepte van de laagveengronden (kaarteenheden 80 t/m 87) hebben tot gevolg, dat deze gronden slechts tot geringe diepte zijn gerijpt. Ook in het hoogveen (kaarteenheid 88) en het broekveen (gedeeltelijk in de kaarteenheden 132 en 133) is de fysische rijping slechts tot een geringe diepte doorgegaan. Kenmerkend voor de bovengenoemde eenheden is een over het algemeen vrij stevige bovengrond (fysisch gerijpt) met een slappe ondergrond (fysisch niet gerijpt).
Gaat de fysische rijping te ver door dan ontstaan er *irreversibel ingedroogde* gronden. Het wateropnemend vermogen van de grond wordt te gering. Vooral de mosveengronden vertonen dit euvel, plaatselijk in de vorm van *schalter*. (zie voor het ontstaan van schalter hoofdstuk II). Het komt het meeste voor in zuidwestelijk Friesland rondom het Tjeukemeer in gronden van kaarteenheid 81 en plaatselijk in die van 86. Berucht was de irreversibele indroging van het randgebied van de Noordoostpolder (Veenenbos, 1950). De broekveengronden in de beekdalen van de Friese Wouden zijn in het algemeen minder gevoelig voor irreversibel indrogen.
Een voordeel van het irreversibel indrogen is de verhoogde draagkracht van deze gronden, die meestal nogal gevoelig voor vertrapping zijn.

Chemische en biologische rijping

Door de fysische rijping wordt ook in het veen luchttoetreding mogelijk gemaakt, hetgeen de chemische rijping teweegbrengt. Allerlei plantaardige produkten (eiwitten en koolhydraten) worden aangetast. Het veen ondergaat een milieuverandering: van een gereduceerd in een geoxydeerd milieu. Het belangrijkste kenmerk hiervan is dat de kleur verandert van rood of roodbruin in een zwarte tint. De oorspronkelijke structuur van het veen blijft nog herkenbaar, maar bij het proces dat nu volgt, namelijk de veraarding wordt deze structuur geheel verstoord. Dit is de biologische rijping die door de bodemfauna wordt uitgevoerd. De tijd en de aard van het moedermateriaal bepalen de mate van veraarding. Voedselarm materiaal zoals het mosveen zal slechts langzaam veraarden. Voedselrijk(er) materiaal zoals het broekveen van de gronden van de eenheden 81 en 86 zal sneller en dieper veraarden. Uiteraard ontstaan bij de veraarding van voedselrijk materiaal bovengronden, die een lagere C/N van de humus, een hogere pH en een stabielere structuur hebben, dan de ondergrond.
De meeste op de kaart weergegeven veengronden in Friesland zijn veenmosveengronden, met geen of een geringe veraarding.

III BODEMVORMING IN ZANDGRONDEN

De zandgronden in Friesland zijn merendeels oud (Pleistoceen). Alleen op de eilanden (de duinen en stranden) en langs de kust van het IJsselmeer (de eenheden 39 en 6w), komen jonge zandgronden voor. Het merendeel van de pleistocene zandgronden in Friesland bestaat uit *zeer arm* kwartszand (dekzand); het gehalte aan gemakkelijk verweerbare minerale bestanddelen in de fractie van 50–100 mu bedraagt minder dan 15%. Daarentegen hebben bijv. de duinen een hoger percentage verweerbare mineralen; zulke gronden werden als *arm* gekwalificeerd.
Het bodemvormend proces dat in de oude pleistocene zandgronden is opgetreden heet podzolering, hierdoor zijn podzolen ontstaan. *Podzolen* zijn minerale gronden met een ABC-profiel (zie figuur 45), waarbij in de B-horizont humus en ijzer-aluminium-oxyden of alleen humus door inspoeling zijn opgehoopt. Zeer vaak treft men bruine kleuren in de B-horizont aan. Een A2-horizont (loodzand) kan voorkomen, doch dit is niet noodzakelijk.
Podzolen kunnen onderverdeeld worden in humuspodzolen en humusijzerpodzolen. In de humusijzerpodzolen komt in de B-horizont behalve humus ook ijzer voor. Deze humus kan als *moderhumus* gekwalificeerd worden (Jongerius, 1957). In humuspodzolen treft men in de B-horizont of alleen humus of behalve humus ook ijzer aan, maar dan meestal aan de onderzijde van de B-horizont. Deze humus is, zoals uit de nieuwste onderzoekingen blijkt, *disperse* humus.
Gleygronden zijn minerale gronden met een meestal opvallende, ca. 15 tot ca. 40 cm dikke A1-horizont, direct rustend op een bleekgrijze C-horizont, met roestverschijnselen in het profiel vanaf de zode of minstens beginnend op een diepte van 35 à 40 cm. Het zijn dus ACg- of AG-profielen. Wanneer de A-horizont venig ontwikkeld is, zijn ze als venige gleygronden onderscheiden.

Oude bouwlanden of essen zijn middelhoge of hoge zand- of leemgronden met een A-horizont (Aan + A1) die dikker dan 50 cm is, veelal ontstaan door geleidelijke ophoging met plaggenmest.
In de *jonge duinzandgronden*, die we uitsluitend op de eilanden aantreffen (de kaarteenheden 129 en 130), komen de bovenomschreven soorten gronden nog niet voor. Het belangrijkste bodemvormende proces is de ontkalking. Bijna alle duinzandgronden zijn ontkalkt, uitgezonderd die van de zeer jonge, vlak langs de kust gelegen duinen en stranden.
In de oudere duinen vinden we afhankelijk van de ligging ten opzichte van het grondwater een meer of minder dikke en homogene A1. Ook valt in de oudste duinen iets te bespeuren van een zwakke podzolvorming als een vage bruinkleuring, terwijl ook reeds de ontijzering bezig is zich te voltrekken.
In de *strandwallen* ten zuiden van Gaasterland (het zandige deel van de kaarteenheid 39) zijn eveneens ontijzering en een zwakke podzolering waar te nemen.

Beschrijving van de kaarteenheden

De kaarteenheden, die op kaartblad 2 binnen de provincie Friesland zijn onderscheiden, worden hierna in de volgorde van de Legenda (blad 10) besproken. Vermeld worden: de oppervlakte in hectaren, de verbreiding, de profielopbouw en van sommige kaarteenheden bovendien nog analysegegevens.
Van de qua oppervlakte belangrijkste kaarteenheden is een globale geschiktheidsbeoordeling gegeven voor akker- en weidebouw (voor uitvoeriger informaties hierover wordt verwezen naar: Vink & Van Zuilen, 1967).

I DE ZEEKLEIGRONDEN

DE BUITENDIJKSE GRONDEN (oppervlakte: ca. 88 700 ha)

Deze gronden liggen buitendijks en staan geregeld onder invloed van de eb- en vloedbewegingen. Als voornaamste criterium van indeling is de diepte van *aëratie* gekozen en de daarmee samenhangende geringe fysische rijping. Naar de hoogteligging wordt er onderscheid gemaakt in 2 groepen:
a. gronden, gelegen tussen gemiddeld laag en gemiddeld hoog water (kaarteenheden 1 en 2)
b. gronden, gelegen omstreeks gemiddeld hoog water (kaarteenheden 3, 4 en 5).
De textuur is een factor geweest voor een nadere onderverdeling.

Kaarteenheid 1: Weinig of niet geaëreerd, kalkrijk, onbegroeid zand
Oppervlakte: ca. 72 200 ha.

Dit zijn de laag gelegen *zandplaten*, die bij eb enigszins droog vallen en bij vloed onder water komen. Het (zee)zand is kalkrijk, kleiarm en fijn korrelig met een mediaan (M50) die ligt tussen 50 en 105 mu. Deze kaarteenheid komt alleen voor in de Waddenzee en in de Lauwerszee.

Kaarteenheid 2: Weinig of niet geaëreerd, kalkrijk, onbegroeid, kleiig zand tot klei
Oppervlakte: ca. 5 400 ha.

Hiermee zijn aangeduid de *slikken*, die nog vrij laag gelegen zijn. Ze zijn weinig of niet begroeid. Het lutumgehalte is het hoogst bij de kust en neemt zee-inwaarts af. Ook in de diepte neemt het lutumgehalte af. De slikken zijn nog ongerijpt, slap en door het aanwezige zwavelijzer (FeS) diepzwart gekleurd.
Ze komen het meest voor vlak langs de noordelijke kust van de provincie, in de Lauwerszee en in een geringe oppervlakte bij Vlieland.
Langs de kust van Friesland zowel in de Waddenzee als in de Lauwerszee wordt in deze eenheid de opslibbing kunstmatig bevorderd door de landaanwinningswerken (zie fig. 36).

Kaarteenheid 3: Ondiep geaëreerd, kalkrijk, onbegroeid, kleiarm zand
Oppervlakte: ca. 7 400 ha.

Dit zijn *strandvlakten*, hoog gelegen stranden en een plaatselijk hoog opgeslibde zandplaat. Deze gronden bestaan overwegend uit zeezand dat iets grover is dan dat der zandplaten van eenheid 1. De mediaan (M50) ligt hier tussen 105 en 150 mu.
Het overgrote deel is onbegroeid. Plaatselijk komt een schrale vegetatie voor van zout-tolerante planten. Deze eenheid is gelokaliseerd tot de Waddeneilanden: op Vlieland — de Vliehors; Terschelling — de Noordvaarder en de noordoostelijke punt van de Boschplaat; Ameland — het noordwestelijkste deel van het Noordzeestrand en de Hon, ten oosten van het Oerd; Schiermonnikoog — het Wester- en Oosterstrand.

Kaarteenheid 4: Ondiep geaëreerd, kalkrijk, begroeid, kleiig zand tot klei
Oppervlakte: ca. 2 700 ha.

Binnen 80 cm wordt bijna geen kleiarm zand aangetroffen. De zwaarte van de bovengrond kan variëren van 15 tot 30% lutum. De diepte van de aëratie wordt zeewaarts gaande ondieper en varieert van 100 tot 20 cm. Beneden de oxydatiegrens is het profiel zwart gekleurd door zwavelijzer (FeS). De oxydatie geschiedt via wortelkanalen en scheuren. Hierin ontstaan scherp begrensde en felgekleurde ijzerafzettingen, dikwijls als pijpjes. De gronden zijn nog slechts ten dele gerijpt.
Met deze eenheid zijn aangeduid de allerjongste *kwelders*. Ze zijn gelegen ten noorden van het Noorderleeg en in de Lauwerszeeboezem. Ze zijn mede ontstaan door de landaanwinningswerken.
Omdat ze slechts beschermd zijn door een lage zomerkade en het zoutgehalte in het grondwater hoog is, zijn deze gronden alleen als weiland in gebruik voor jongvee en schapen.

Kaarteenheid 5: Ondiep geaëreerd, kalkrijk en kalkarm, begroeid, kleiig zand tot klei
Oppervlakte: ca. 1 000 ha.

Deze eenheid komt alleen op de eilanden voor. Het profiel bestaat uit een kleirijke laag op kleiarm zand. De klei is via slenken en prielen aangevoerd. Naast de geulen komt plaatselijk meer dan 80 cm klei voor als kreekwal, verder er vandaan wordt de kleilaag dunner en zwaarder. Ook het kalkgehalte neemt met het toenemen van de afstand tot de geul af. De bovengronden zijn nogal humeus maar dun. Deze gronden zijn gelokaliseerd in de lagere plekken van de Boschplaat (Terschelling) en het Oerd (Ameland) en een complex aan de westkant van Schiermonnikoog.
Door de frequente invloed van de zee bestaat de vegetatie alleen uit zoutminnende gewassen. Het gebruik beperkt zich derhalve tot het weiden van jongvee en schapen.

DE JONGE ZEEKLEIGRONDEN

De jonge zeekleigronden worden op niveau IV van de legenda ingedeeld naar gehalte en verloop van de koolzure kalk in het profiel. Er zijn vijf groepen onderscheiden:
1. kalkrijk en kalkhoudend (in Friesland de eenheden 6, 7, 8, 9, 10 en 11)
2. ondiep kalkarm (in Friesland de eenheden 19, 20, 21 en 22)
3. kalkarm, soms beneden 50 cm kalkhoudend (in Friesland de eenheden 31, 32, 33, 34, 35, 37 en 38)
4. complex: kalkrijk tot kalkarm (in Friesland de eenheden 39, 41 en 43)
5. complex: ondiep kalkarm en kalkarm (in Friesland eenheid 44)

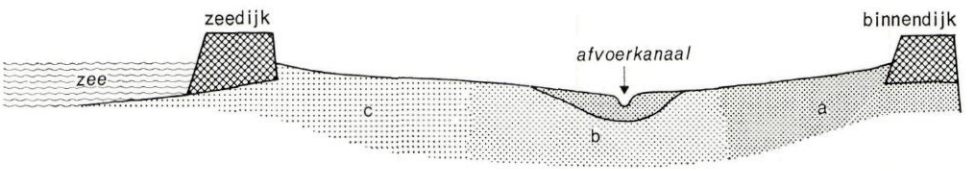
De groepen 3, 4 en 5 zullen hierna worden samengevat in één groep met de naam: diep kalkarm (zie pag. 100). Nadere onderverdelingen zijn gemaakt op grond van het verschil in humusgehalte en dikte van de humeuze boven-

grond (niveau III), textuurverloop en afwijkend materiaal in de ondergrond (niveau II) en textuur van de bovengrond (niveau I).

DE KALKRIJKE EN KALKHOUDENDE JONGE ZEEKLEIGRONDEN

Tot de kalkrijke en kalkhoudende jonge zeekleigronden behoren de kaarteenheden 6 t/m 11. Ze beslaan een totale oppervlakte van ca. 23 100 ha.
Deze gronden worden in Friesland algemeen *jonge kwelders* genoemd. Het zijn jonge aanwassen tegen het „oude" land, die door bedijkingen zijn gewonnen op de zee. Het aantal dijken achter elkaar weerspiegelt de voortgang van de opslibbing. In Het Bildt komt dit mooi naar voren bij de Oude Bildtdijk van ± 1505, ten noorden waarvan de Nieuwe Bildtdijk van ± 1600 ligt. In sommige gevallen is weinig meer van een dijk te bespeuren. Als voorbeelden noemen we de Hornestreek in Barradeel en ten noorden van Stiens het gebied op de grens tussen het Oude Land en de Middelzee.
De jonge kweldergronden zijn meestal aan de landzijde het zwaarst. Naar de zeezijde wordt het sediment lichter en ligt het afhankelijk van het opslibbingspatroon, soms hoger. In enkele jonge polders komen zwaardere stroken voor die als vroegere aan de kust parallel lopende prielen herkend zijn. De praktijk noemt deze zwaardere stroken „piklappen". Door een meestal lagere ligging t.o.v. de omgeving ligt de hoofdontwatering dikwijls in deze „piklappen" (fig. 47).

Fig. 47. Schematische doorsnede van een jonge polder, die van buiten naar binnen zwaarder wordt. Ongeveer in het midden eveneens een zwaardere strook (de piklap) als restant van een oude priel, waarin de hoofdafwatering van de polder is gelegen. Het bodemgebruik heeft zich aan dit sedimentatiepatroon aangepast: het zwaardere deel (a) wordt overwegend als grasland gebruikt, het middendeel (b) zowel voor grasland als voor bouwland, het buitenste deel (c) is uitsluitend als bouwland in gebruik.



De verkaveling van de jonge kweldergronden is over het algemeen meer rechthoekig dan die in het oude land. Bodemgenetisch zijn het ook jonge gronden, hetgeen blijkt uit de vaak nog hoge kalkgehaltes in de bovengrond. De humusgehaltes van de bouwlanden variëren weinig en bedragen 2 à 3%. De bovengronden van de graslanden hebben humusgehaltes die hoger zijn en tussen 6 en 10% liggen.
Kenmerkend voor de jonge kalkrijke en kalkhoudende zeekleigronden is ook, dat de kationenbezetting voor 85 à 90% bestaat uit Calcium-ionen. Ze behoren tot de beste landbouwgronden van de provincie Friesland.

Kaarteenheid 6: Kalkrijk zeezand
Oppervlakte: ca. 800 ha.

Het betreft hier kleiarme, kalkrijke zeezandgronden, die in het gehele profiel klei- en humusarm zijn. Het zand is fijn, met een mediaan (M50) tussen 50 en 105 mu.
Deze gronden liggen enkel in de buitendijkse polders van het IJsselmeer ten westen van Workum en Makkum. Ze zijn in de voormalige Zuiderzee als zandplaten afgezet. Na de afsluiting der Zuiderzee is de kleibedekking zeer gering gebleven. In de oorlogsjaren 1942–1945 zijn ze met een zomerkade bedijkt. Overstromingen kunnen derhalve voorkomen. Dit is op de kaart met de toevoeging w aangegeven. De gronden van deze eenheid zijn erg opdrachtig. Ze worden overwegend als grasland gebruikt. De grondwaterstanden zijn vrij hoog.

Analysegegevens van een grond van eenheid 6

Diepte in cm	*pH (KCl)*	*in % v. d. grond*		*in % van de minerale delen*				
		$CaCO_3$	*humus*	*< 2*	*< 16*	*< 50*	*50–105*	*105–150*
10–20	7,5	1,5	0,4	3	3,2	9,2	68	20
20–40	8,0	3,9	0,3	6	8	20	71	8

Kaarteenheid 7: Kalkrijke lichte zavelgronden (kleiig zand en sterk zandige klei)
Oppervlakte: ca. 4 100 ha.

De profielopbouw van de gronden van deze eenheid is als volgt. De bovenste 40 à 60 cm is lichte tot zeer lichte zavel (8–17½% lutum). Naar beneden toe zijn de profielen aflopend of homogeen. De ondergrond der aflopende profielen kan beneden ca. 80 cm overgaan in wadzand; een fijn zand met een korrelgrootte van 75–105 mu, dat 6–8% lutum bevat.
Het gehele profiel is kalkrijk. Het humusgehalte bedraagt in de bovengrond 2 à 3% bij bouwland en 6 à 10% bij grasland. Oppervlakkige ontkalking komt voor onder invloed van langjarig graslandgebruik. De rijping, zowel fysisch als chemisch, heeft in voldoende mate en diepte plaatsgevonden. Ook de biologische rijping in de vorm van homogenisatie is merendeels reeds aangevangen.
De kalkrijke lichte zavelgronden komen alleen voor in het noorden langs de Waddenkust en langs de Lauwerszee. Het zijn zeer goede landbouwgronden, die bij de praktijk hoog staan aangeschreven; o.a. pootaardappelteelt.

Analysegegevens van een grond van eenheid 7

Horizont	*diepte in cm*	*pH (KCl)*	*in % v. d. grond*		*in % v. d. minerale delen*					*kationenbezetting in mg. aeq. p. 100 g grond*				*Ca/Mg*	*Ca*
			$CaCO_3$	*humus*	*< 2*	*2–16*	*16–50*	*50–105*	*>105*	*Na*	*K*	*Mg*	*Ca*		*%*
Ap	0–30	7,3	2,7	1,8	15	9	33	40	2,5	0,2	0,3	0,88	14,7	16,4	91
C2g1	30–50	7,6	8,5	0,9	19	12	39	29	0,4	0,2	0,2	0,84	14,7	17,5	92
C2g2	50–80	7,8	9,6	0,6	14	8	43	32	2,7	0,2	0,2	0,66	11,4	16,6	91

Kaarteenheid 8: Kalkrijke, zware zavel- en lichte kleigronden (matig zandige en lichte klei)
Oppervlakte: ca. 11 800 ha.

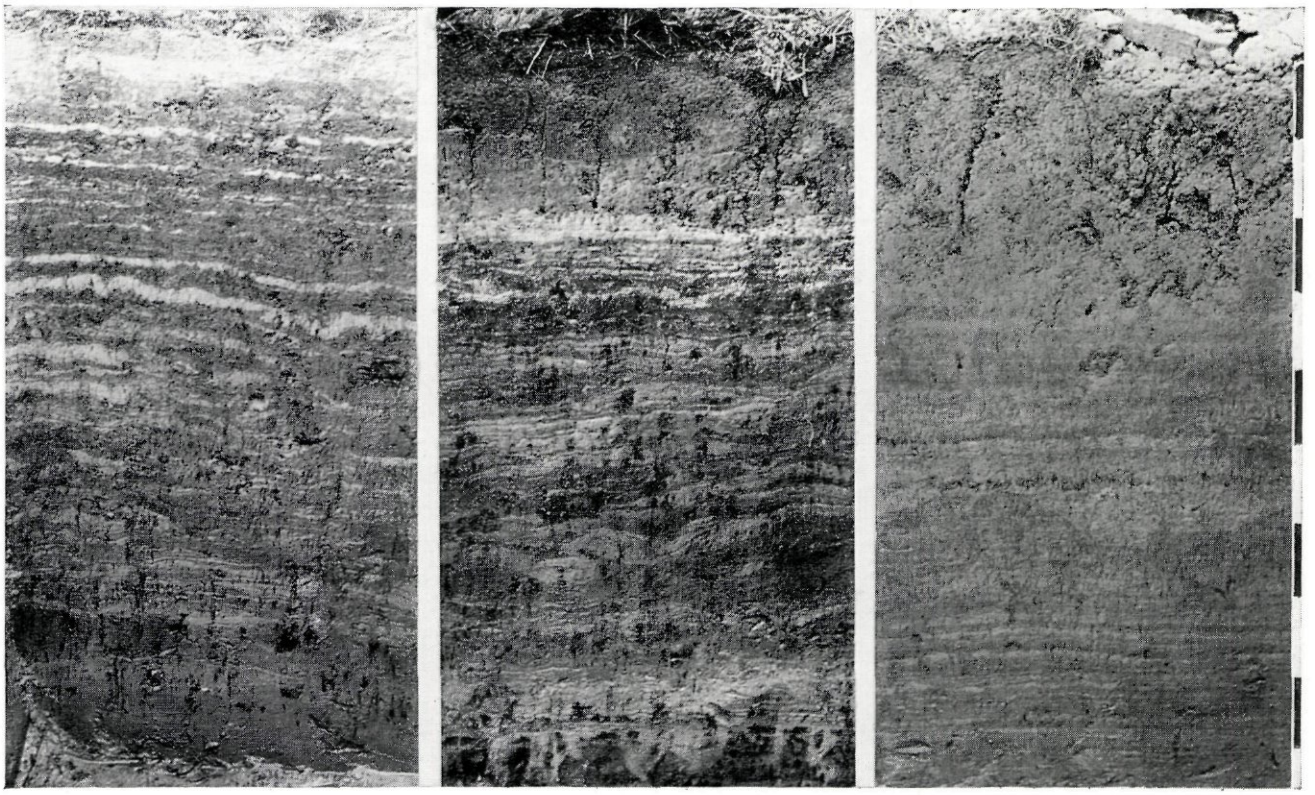
De bovengrond van deze eenheid bestaat uit zware zavel of lichte klei met 17½%–35% lutum. Het merendeel der gronden heeft een lutumgehalte tussen 17½ en 25%. De dikte van deze laag varieert van 40 tot 60 cm. Hieronder bevindt zich een gelaagd sediment — „het gelaagde complex" — dat meestal matig zwaar tot vrij licht is. Alleen bij de lichtere gronden komt beneden een diepte van 100 cm soms wadzand voor.
Alle gronden van deze kaarteenheid zijn kalkrijk. Het humusgehalte en de ontkalking komen overeen met die van kaarteenheid 7.
De gronden liggen langs de Wadden- en Lauwerszeekust en vormen het zwaardere deel der jonge inpolderingen. De gronden van het aangegeven oppervlak van deze kaarteenheid ten noorden van Barradeel zijn iets lichter en zouden beter in eenheid 7 passen.

Ten zuidwesten van Workum is het Workumer Nieuwland ook in deze eenheid gekarteerd. Deze gronden hebben over het algemeen minder dan 17½% lutum in de bovengrond en zijn aflopend.
Bij de kust zijn de gronden kalkrijk tot boven toe. Landinwaarts is er ondiepe ontkalking opgetreden. Tegen het oude land komt soms veen voor binnen boorbereik.
Ten noorden van Sneek is een gebied als eenheid 8 aangegeven. Het betreft hier een wat lichtere afzetting in de voormalige Middelzee.
De gronden van eenheid 8 zijn prima landbouwgronden. De zwaarste delen echter geven moeilijkheden bij het gebruik als bouwland, speciaal bij de pootaardappelcultuur.
De grens ligt ongeveer bij 20 à 25% lutum. Het Workumer Nieuwland wordt enkel als grasland gebruikt vanwege de periodiek te hoge grondwaterstanden.
De gronden van het Noorderleeg, die alleen beschermd zijn door een zomerkade en daardoor bij hoge vloeden onder water kunnen lopen zijn met toevoeging w aangegeven.
Figuur 48 toont een drietal profielen van deze gronden.

Kaarteenheid 9: Kalkrijke zware kleigronden (zware klei)
Oppervlakte: ca. 5 400 ha.

In het jonge zeekleilandschap is met eenheid 9 de groep zware gronden weergegeven. Ze bestaan over het algemeen uit een 45–70 cm dik pakket klei, waarvan het lutumgehalte varieert van 25 tot 40%. Deze variatie is nodig om de landschappelijke eenheid te kunnen weergeven en tevens noodzakelijk met het oog op de schaal van de kaart.

Fig. 48. Jonge, buitendijkse zeekleigronden in het Noorderleeg. De profielen vertonen een duidelijke gelaagdheid met klei- of zandbandjes als gevolg van de afzetting in een rustig resp. woelig milieu. In de bovenlaag veroorzaken de begroeiing en het bodemleven homogenisatie. De dikte van deze laag is sterk afhankelijk van de ouderdom der polders waarin de gronden liggen.
(Foto Stichting voor Bodemkartering R33–20/21/22)



De meeste gronden van kaarteenheid 9 zijn aflopend en gaan via lichte klei over in zavel en soms zeer lichte zavel. Ook komen er voor die homogeen zwaar blijven.
De gronden zijn kalkrijk. Als gevolg van de graslandcultuur is lichte ontkalking der bovengrond mogelijk.
Bij een goede waterbeheersing zijn de zware kalkrijke kleigronden fysisch en chemisch, maar ook biologisch diep gerijpt. De structuur is hiermee in overeenstemming, dus goed. De gronden komen voor langs de oudste dijken in de jonge polders en in het zuidelijke deel der Lauwerszeeboezem. Het deel der Middelzeeboezemgronden boven de lijn Leeuwarden–Marssum is als eenheid 9 gekarteerd, de rest als eenheid 21. Op grond van de diepte der kalkrijke ondergrond is dit echter niet geheel juist, omdat de kalkgrens in de Middelzee overwegend om en nabij 30 cm is gelegen. Deze gronden van eenheid 9 zijn echter zowel hydrologisch als ook bodemkundig droger dan de zware kleigronden in het zuidelijk deel der Middelzeeboezem. Hetgeen bij de kartering belangrijker werd geacht dan de kalkgrens, die niet geheel aan de gestelde eisen voldoet. Daarom werden deze gronden gekarteerd als kaarteenheid 9.
De zwaarte van de gronden belemmert een uitgebreide exploitatie als bouwland, vooral van hakvruchten. Voor grasland lenen deze gronden zich uitstekend, evenals voor fruitteelt.

Analysegegevens van monsters uit een grond die als oud grasland in cultuur is (eenheid 9)

Horizont	*diepte in cm*	*pH (KCl)*	*in % v. d. grond*		*in % v. d. minerale delen*	
			$CaCO_3$	*humus*	*< 2*	*> 16*
A1	5– 20	6,0	0,0	7,1	30,3	43,6
C2	20– 35	6,7	0,5	2,3	38,6	53,8
C2g1	50– 70	7,1	4,2	1,6	39,2	57,0
C2g2	80–100	7,5	10,0	0,4	16,3	24,0

Uit de analysegegevens blijkt dat bovenin ontkalking is opgetreden, terwijl het humusgehalte door de hoge organische-stofproduktie naar beneden toe vrij hoog blijft.

Kaarteenheden 10 en 11: Complex van kleiige zand- tot kleigronden op kleiarm zand
Oppervlakte: resp. ca. 100 en 900 ha.

We hebben hier te maken met een kleidek, dat op een zandondergrond rust. In het zuidwesten van Nederland worden deze gronden *plaatgronden* genoemd. Het verschil tussen de eenheden 10 en 11 is de diepte waarop de zandondergrond begint.
Gronden van eenheid 10 hebben een kleidek dat in dikte varieert van 50 tot 80 cm. De zwaarte varieert van zavel tot lichte klei. Het gehele profiel is kalkrijk. Eenheid 10 komt in Friesland alleen op Terschelling voor in de Strijper polder[1]. Tijdens de veldopname kwam in deze polder zoute kwel voor als gevolg van de grote doorlatendheid der zandige ondergrond. Deze wordt gevormd door wadzandplaten uit de Waddenzee.
Kaarteenheid 11: heeft een kleiig dek, dat dunner is dan 50 cm, op een kleiarme zandondergrond. Het kleidek is kalkrijk tot kalkhoudend. De zwaarte varieert van lichte zavel tot klei. Dikkere dekken dan 50 cm komen voor langs de oude kreken als kreekwallen, zoals bijv. in de polder op Ameland en op Schiermonnikoog. Het ontstaan van de gronden van kaarteenheid 11 is een gevolg van het opslibben van een kleiige laag op een strandvlakte achter de duinen en op wadzandplaten. Plaatselijk liggen de oude kreken nog als ingedijkt open water in het gebied.
De lichtere en wat hoger gelegen gronden zijn geschikt voor bouwland, de zwaardere en meestal nattere delen zijn alleen als grasland te gebruiken.

[1] Het betreffende kaartvlakje eenheid 10 is per abuis met de kleur en het nummer van eenheid 35 aangegeven. Het kaartvlakje eenheid 10 op Terschelling moet eenheid 35 zijn.

Op Schiermonnikoog is aan de westkant een gedeelte weergegeven met toevoeging w, omdat dit door een zomerkade tegen de zee wordt beschermd.

DE ONDIEP KALKARME JONGE ZEEKLEIGRONDEN

Tot deze groep behoren de jonge zeekleigronden, waarvan de bovengrond 30 tot 50 cm kalkarm of kalkloos is op een kalkrijke ondergrond. De oppervlakte bedraagt ca. 46 000 ha.
In Friesland zijn hierin de oude kwelderruggen (eenheden 19 en 20), de kwelderbekkens (eenheid 22) en de Middelzeeboezem ten zuiden van Leeuwarden (eenheid 21) gekarteerd.
Hoewel de bovenomschreven definitie der ondiep kalkarme jonge zeekleigronden vrij algemeen opgaat in Nederland, is dit in Friesland in mindere mate het geval. De kalkrijkdom van de kwelderruggen kan hier variëren van kalkrijk tot diep kalkarm. In feite zijn dus de kwelderruggen wat betreft hun kalkgehalte van de bovengrond minder homogeen dan op de kaart is weergegeven.
We noemen als voorbeelden: 1. *Barradeel*: De eenheden 19 en 20 ten zuiden van de weg Harlingen–Minnertsga zijn overwegend diep kalkarm. De rest is ondiep kalkarm met aan de noordkant enige kalkrijke gronden.
2. rondom *Stiens*: Hier komen de drie onderscheiden jonge zeekleigronden alle voor. De kalkrijke gronden zijn vermoedelijke inbraken van de Middelzee. De diep kalkarme liggen meest landinwaarts.
3. In de *Dongeradelen* ligt boven de lijn Oostmahorn–Holwerd een strook van globaal 1 km breed met kalkrijke gronden. Ten zuiden van deze lijn komen overwegend diep kalkarme gronden voor.
De gronden van eenheid 22 (de kwelderbekkengronden) zijn in Friesland merendeels *diep* kalkarm. Die van eenheid 21 (Middelzee-boezem) zijn ondiep kalkarm zoals op de kaart is aangegeven.
Van de drie groepen die in de legenda op niveau III naar humositeit werden onderscheiden komt in Friesland de groep humusarm en ondiep humeus voor.
Opmerkelijk is, dat bij de ondiep en diep kalkarme gronden van de eenheden 20 en 22 het percentage Ca-ionen der gebonden kationen geringer is dan bij de kalkrijke jonge zeekleigronden. Deze daling van het percentage Ca-ionen gaat samen met een stijging van het percentage Mg-ionen. Het kleiner worden van het quotiënt Ca/Mg gaat samen met het optreden van knippige eigenschappen. Deze gronden zijn gevoelig voor een overmaat van water, hetgeen tot uiting komt in de slempgevoeligheid, het hoge interne vochtgehalte en het daardoor lang koud zijn in het voorjaar, en de geringe diepte der biologische activiteit. Als voorbeeld kunnen we noemen: de Minnertsgaaster Mieden en de Tzummarumer Mieden.

Kaarteenheid 19: Ondiep kalkarme lichte zavelgronden (kleiig zand en sterk zandige klei)
Oppervlakte: ca. 15 300 ha.

Deze eenheid geeft een deel van de oude kwelderruggen weer, die zich in het noordelijk zeekleigebied bevinden (fig. 49). Ze vertegenwoordigt het lichtste gedeelte; t.w. de gronden met een lutumgehalte lager dan 17½%. In de zwaarte kunnen systematische verschillen optreden als gevolg van het sedimentatiepatroon.
In de hoogste ruggedeelten is het lutumgehalte overwegend lager dan 12%. Er tussen kunnen de gronden zwaarder zijn met een lutumgehalte van 12 tot 17½%.
De diepte waarop de gronden kalkrijk zijn varieert binnen kaarteenheid 19 sterk. Volgens de landelijke legenda behoren ze bij de ondiep kalkarme gronden. In Friesland zijn ze aan de zeekant meestal kalkrijk tot aan het maaiveld. Dit is een gevolg van jongere sedimenten tegen en op de oude kwelderruggen (verjongingsdekken). In Barradeel zijn het de gronden ten zuiden van de Hornestreek. In de Dongeradelen ligt een vrij brede strook kalkrijke gronden tussen Holwerd en Oostmahorn. Ook het mondingsgebied van de Marne in de Pingjumerhalsband en een klein deel der lichte zavelgronden langs de voormalige Zuiderzeekust zijn grotendeels kalkrijk.
Landinwaarts zijn de gronden meestal tot dieper dan 50 cm kalkarm.

Fig. 49. Profiel van een lichte zavelgrond van kaarteenheid 19 bij Sexbierum.
(Foto Stichting voor Bodemkartering R29–8)

Een kenmerk van de gronden der oude kustwallen is de grote fijnheid der zandkorrels. Dit is mede de oorzaak van de slempgevoeligheid van deze gronden.

Profielbeschrijving van een lichte zavelgrond, eenheid 19:

A1	0– 38 cm	bovengrond van voormalig bouwland. Donker grijsbruine, humusarme, kalkloze, lichte zavel; iets heterogeen door „zandlenzen" met onderin enkele roestspikkels
C1g	38– 65 cm	grijsbruine, humusarme, kalkloze, lichte zavel met vrij veel roest
C2g1	65– 86 cm	olijfgrijze, humusarme, kalkrijke, lichte zavel met matig veel roest.
C2g2	86–125 cm	grijze, humusarme, kalkrijke, iets gelaagde, zware klei met matig veel onduidelijke roest.

Analysegegevens van twee gronden binnen eenheid 19

Horizont	*diepte in cm*	*pH (KCl)*	*in % v. d. grond*		*in % van de minerale delen*						*Ca %*
			$CaCO_3$	*humus*	*< 2*	*< 16*	*16–50*	*50–105*	*105–150*	*> 150*	
Ap	0–30	5,3	0,0	1,7	12	18	41	38	2,5	0,5	56
C1g	40–60	4,8	0,0	0,5	10	16	41	42	1,5	0,1	64
C2g1	65–80	7,7	7,0	0,3	13	19	43	37	0,4	0,1	85
C1g1	30–45	5,4	0,0	1,2	17	28	27	41	5	1	70
C1g2	50–65	5,9	0,1	1,0	14	20	33	40	5	2	75

Ook komt het bij deze gronden voor dat de normale verhouding tussen het lutum- en het slibgehalte kleiner is dan 1 : 2. Dit betekent dat de gronden iets sloefig zijn. Opmerkelijk is tevens, dat het percentage Ca-ionen der gebonden kationen in de bovengrond beneden 80% blijft. Dit wijst op een vernauwing van de verhouding der gebonden Ca- en Mg-ionen. Door de gemakkelijke bewerkbaarheid zijn deze gronden overwegend als bouwland in gebruik. Het zijn over het algemeen vrij goede akkerbouwgronden, die mogelijkheden bieden voor alle bouwlandgewassen. De grote slempgevoeligheid is een nadeel. Deze gronden hebben een onduidelijke structuur met weinig herkenbare elementjes. Hierdoor zijn er ook weinig scheuren en barsten in de grond, die voor een snelle waterafvoer kunnen zorgen. De geëigende structuur van deze grond is meestal een sponsstructuur, afkomstig van de activiteit van de bodemfauna en -flora, dus een structuur met gangen en holten. Door de fijnheid van de zandfractie en het ontbreken van duidelijke structuurelementen zijn deze lichte zavelgronden opdrachtig.

Kaarteenheid 20: Ondiep kalkarme, zware zavel- tot lichte kleigronden (matig zandige en lichte klei)
Oppervlakte: ca. 10 800 ha.

Dit zijn meest gronden waarvan de bovenste 50 à 80 cm bestaat uit zware zavel en soms ook uit lichte klei. Wanneer ze als een rug zijn ontwikkeld, kan een deel zelfs bestaan uit lichte zavel. Verreweg de meeste zijn aflopend. De ondergrond is gelaagd („gelaagd complex") en bestaat uit zavel die kalkrijk is. Zijn de gronden van eenheid 20 overwegend ondiep kalkarm, er worden ook kleine oppervlakten kalkrijke en diep kalkarme in aangetroffen.

De gronden van eenheid 20 komen in verschillende landschappelijke eenheden voor. In het noorden en westen vormen ze veelal de overgang van de kwelderruggen naar de kwelderbekkens. In Westergoo vormen ze het oudste kwelderruggensysteem. In midden-Friesland zijn het de kustwallen van de voormalige Middelzee. De differentiatie van ontstaan en ligging in verschillende landschappen is mede oorzaak van de heterogeniteit der gronden binnen eenheid 20. Immers de overgang van eenheid 20 langs de Middelzee naar eenheid 34 — knipkleigronden — zal zwaarder en dieper kalkarm zijn dan de overgang van eenheid 20 naar 22 of 19, resp. kwelderbekken- en kwelderruggronden.

Opvallend is dat een groot deel van de gronden van eenheid 20 een nog kleiner percentage Ca-ionen heeft van de gebonden kationen dan die van eenheid 19. Hiermee gaat een nauwere verhouding Ca:Mg samen, deze ligt tussen 7 en 3. De gronden hebben knippige eigenschappen en daarmede een gevoelige structuur, in het bijzonder bij overmatige bevochtiging. Dan is de structuurstabiliteit te gering en neigen de gronden spoedig tot verslemping zowel oppervlakkig als ook inwendig. Organische stof kan de slempgevoeligheid gunstig beïnvloeden. Daar het gebruik als bouwland het humusgehalte vermindert, is dit een vorm van exploitatie, die deze gronden minder goed verdragen. Onder grasland laten dezelfde gronden zich veel gunstiger zien dan in bouwland. Met de knippige eigenschappen hangt ook samen dat de gronden *nat* zijn. In het voorjaar zijn ze langer en in het najaar eerder nat dan de niet knippige gronden.
Uiteraard komen deze eigenschappen bij het toenemen der zwaarte sterker naar voren. Daarom heeft men dan ook alleen bouwland op de lichtere gronden van deze eenheid, waar de structuurproblemen geen overheersende invloed hebben. De zwaardere gronden worden overwegend als grasland geëxploiteerd.
Profielbeschrijving van een zwaar zavelige grond, eenheid 20:

A1g	0– 9 cm	zodelaag van oud grasland; donkergrijs, met een kruimelstructuur, weinig roestvlekken maar vrij veel roest langs de wortels. Beworteling goed.
C1g1	9– 23 cm	zware zavel; donkergrijs tot grijs. Structuur vertoont veel poreuze elementen, die samengesteld zijn tot blokkige of prismatische elementen. Matig veel duidelijke roestvlekken en wortelroest. Beworteling neemt af.
C1g2	23– 33 cm	zware zavel; grijsbruin, structuur als vorige laag. Roestvlekken minder duidelijk.
C2g2	33–120 cm	zware zavel; licht grijsbruin; kalkrijk; structuur als boven, naar beneden in duidelijkheid afnemend. Weinig roest, weinig wortels.

Analysegegevens van monsters binnen eenheid 20

Horizont	*diepte in cm*	*pH (KCl)*	*in % v. d. grond*		*in % van de minerale delen*						*geadsorbeerde kationen in procenten van hun som*		*Ca/Mg*
			$CaCO_3$	*humus*	*< 2*	*2–16*	*16–50*	*50–90*	*90–150*	*> 150*	*Ca*	*Mg*	
A1g	2– 8	6,3	0,1	8,0	22	14	39	19	4,5	2	68	13	5,2
C1g1	10–20	5,6	0,0	5,0	21	13	39	16	10	1,5	67	14	4,7
C1g2	25–30	5,9	0,0	1,9	21	12	45	18	3,5	1,5	74	16	4,7
C2g	35–50	6,9	6,5	0,8	18	14	42	21	4,5	1	83	12,5	6,6
								50–105	*105–150*				
Ap	0–20	5,3	0,0	1,8	14	4,5	30	48	3	1	70	11,7	6
C1	40–60	6,3	0,1	0,8	11	5	31	50	2,5	0,3	76,7	15,2	5,1

Kaarteenheid 21: Ondiep kalkarme, zware kleigronden (zware klei)
Oppervlakte: ca. 7 200 ha.

In deze kaarteenheid zijn de gronden van de voormalige Middelzee samengevoegd beneden de grens Leeuwarden–Marssum. Het zijn de gronden, die ontstaan zijn door de dichtslibbing van slenken en geulen der oude Middelzee. Ze zijn dus jonger dan het omringende landschap. Dit is in het veld duidelijk waarneembaar.
Ten eerste liggen op de echte Middelzee-afzettingen geen *oude* terpnederzettingen.
Ten tweede is de verkaveling veel rechter dan op het oude land.
Ten derde liggen deze gronden zonder knippige eigenschappen midden tussen en soms scherp afgegrensd tegen de knipkleigronden (kaarteenheid 34).

Ten vierde is de landschappelijke ligging en vorm typisch gebonden aan het inbraakpatroon van de Middelzee.
In het achterland zijn de Middelzeegronden zware kleigronden, die op ca. 40 à 50 cm diepte kalkrijk beginnen te worden. Meestal is het gehele profiel zwaar.
Meer naar de monding kunnen lichte kleien voorkomen, die tot ca. 40 cm kalkarm zijn en vaak rusten op een iets lichtere ondergrond.
Typisch voor alle afzettingen van de Middelzee is de *bruinkleuring* der bovengrond. Deze gaat meestal naar onderen toe door als gevolg van homogenisatie der bodemvorming. Dit komt niet voor bij de knip- en knippige gronden.
In deze kaarteenheid bevindt zich eenheid 43 ten noorden van Scharnegoutum. Hiermee zijn de oude stroomgeulen aangegeven. De gronden van deze geulen wijken af door een grotere humositeit in de bovengrond en een vaak humeuze slappe klei-ondergrond. De oude geulen liggen meestal lager in het terrein.
Het gebruik der zwaardere Middelzeegronden beperkt zich uitsluitend tot grasland.
Profielbeschrijving van een zware kleigrond in de omgeving van Mantgum, eenheid 21:

A11	0– 10 cm	zodelaag; donker grijsbruin, zeer humeus, kalkarm, rul en homogeen
A12	10– 35 cm	bovengrond; donker grijsbruin, matig humeus, kalkarm, homogeen
C2g	35–120 cm	ongestoorde ondergrond, zeer humusarm, kalkrijk; met matig veel duidelijke bruine roest. De kleur gaat beneden 70 cm over in grijs.

Analysegegevens van monsters uit deze zware kleigrond

Horizont	*diepte in cm*	*pH (KCl)*	*in % v. d. grond*		*in % van de minerale delen*					
			$CaCO_3$	*humus*	*< 2*	*2–16*	*16–50*	*50–105*	*105–150*	*> 150*
A12	20– 35	6,0	0,1	6,2	52	23	22	3	0,2	0,5
C2g1	40– 60	7,2	10,5	1,7	59	18	21	1	0,1	0,5
C2g2	75– 90	7,3	11,9	1,3	44	25	25	6	0,2	0,5
C2g3	90–105	7,5	11,9	0,9	31	18	36	14	0,5	0,4

Kaarteenheid 22: Complex van ondiep kalkarme, matig zandige tot zware kleigronden
Oppervlakte: ca. 12 700 ha.

Deze eenheid omvat de gronden, die de overgang vormen tussen de lichtere kwelderwallen en de zwaardere, landinwaarts gelegen, sedimenten. Ze liggen landschappelijk in twee gebieden:

1e. Achter de kwelderwal vanaf Leeuwarden, Stiens, Blija naar Ternaard en ten zuiden van Tzum. De zwaarte van deze gronden loopt sterk uiteen van zavel tot klei. De meeste van deze gronden hebben knippige eigenschappen, die met het zwaarder worden van het sediment toenemen. De gronden zijn alle ondiep humeus. Onder de humeuze bovengrond begint spoedig de grijze ondergrond. De kalkrijke ondergrond begint overwegend dieper dan 50 cm. Meestal ligt het materiaal op de kalkrijke oude kweldergrond (Westfriese afzettingen II).

2e. In het gebied ten noordoosten van Harlingen. Hier betreft het gronden in de kwelderbekkens tussen de kwelderruggen van Barradeel. Ook deze gronden hebben een sterk variërende zwaarte van lichte zavel tot zware klei. Ze hebben gemeen dat ze overwegend tot dieper dan 50 cm kalkarm zijn. Ook hebben de meeste knippige eigenschappen.
De knippigheid neemt met de zwaarte toe. Globaal gesteld neemt de zwaarte van noord naar zuid toe.

Voor de landbouw is het verjongingsdek dat deze knippige gronden gedeeltelijk bedekt, belangrijk. Dit dek hangt samen met de laat-Middeleeuwse inbraken en is overwegend zavelig en niet knippig.
De voorkomende delen van kaarteenheid 43 vertegenwoordigen restanten van door inbraken, soms tot op het wadzand geërodeerde gebieden. Ten noorden van Wijnaldum wordt in dit lage gebied zoute kwel aangetroffen.
De vaak lager gelegen kwelderbekkengronden hebben plaatselijk de benaming „Mieden" hetgeen grasland betekent. Hoewel er gedeelten als bouwland in gebruik zijn, worden veel van deze gronden vooral de iets zwaardere en die

zonder verjongingsdek als grasland gebruikt vanwege de structuurgevoeligheid en natheid van deze knippige gronden. Ook in deze gronden ligt de humeuze bovengrond slechts met een dunne overgangslaag op de grijze ondergrond met doorgaans vrij veel roest. De gronden hebben spoedig wateroverlast door hun moeilijke interne drainage.
Profielbeschrijving van een licht zavelige grond, eenheid 22:

Ap	0– 30 cm	bouwvoor, grijsbruin met ca. 15% lutum, ca. 2% humus, kalkarm, vrij homogeen, onderin iets stug
C1g1	30– 60 cm	knippige zware zavel, enigszins olijfgrijs, 20 à 30% lutum, humusarm met vrij veel oranjerode roest
C1g2	60– 80 cm	knippige lichte zavel, enigszins olijfgrijs, ca. 13% lutum, humus- en kalkarm met tamelijk veel roest
C2g1	80–120 cm	zware zavel, ca. 22% lutum, kalkrijk, gelaagd (oude kwelder), met roodbruine roest

Analysegegevens van deze grond

Horizont	*diepte in cm*	*pH (KCl)*	*in % v. d. grond*		*in % van de minerale delen*					
			$CaCO_3$	*humus*	*< 2*	*2–16*	*16–50*	*50–105*	*105–150*	*> 150*
Ap	0– 30	6,5	0,2	2,0	14	9	49	25	1,5	0,4
C1g1	40– 60	6,0	0,0	0,8	22	14	47	16	1	0,3
C2g1	80–100	7,6	13,3	0,4	21	12	33	33	0,5	0,5

DE DIEP KALKARME JONGE ZEEKLEIGRONDEN

De oppervlakte bedraagt ca. 67 100 ha.

Hiertoe behoren de jonge zeekleigronden, waarvan het bovenste deel tot dieper dan 50 cm kalkarm is; de ondergrond is soms kalkhoudend. Behoudens een geringe oppervlakte lichte gronden (eenheid 31) langs de IJsselmeerkust, omvat deze groep overwegend de lichte en zware kleigronden, die meer of minder ver van de vroegere aanvoerbasis gelegen zijn. De knipkleigronden en de dikke knipklei-op-veengronden (eenheden 34 en 38) vertegenwoordigen het grootste deel van de diep kalkarme jonge zeekleigronden. Met het toenemen van de zwaarte en de diepte der kalkrijke ondergrond neemt het percentage gebonden Ca-ionen af en dat der gebonden Mg-ionen toe. Het gevolg is, dat bij de knipkleigronden het quotiënt Ca/Mg gedaald is beneden de waarde 3. Kenmerkend voor deze kleigronden zijn de ongunstige landbouwkundige eigenschappen.
De geschiktheid voor akkerbouw is zeer gering. Grasland is de enige cultuur die hier economische perspectieven biedt, hoewel de knipkleigronden ook hiervoor specifieke problemen opleveren. Dat Westergo en het zuidelijke deel van Oostergo geheel als grasland worden geëxploiteerd is dan ook een logische aanpassing van de praktijk aan de bodemkundige gesteldheid.
De gronden van deze groep vertonen op twee punten grote overeenkomst:
1. Ze zijn alle tot dieper dan 50 cm kalkarm
2. Ze hebben alle knip- of knippige eigenschappen.

Sub 1: De diepe kalkarmoede van deze gronden is door verscheidene factoren veroorzaakt.
Bij de sedimentatie had het verse materiaal reeds een laag kalkgehalte. Dit als gevolg van het feit dat vele van deze gronden ver van de aanvoerbasis zijn afgezet en daardoor zwaar en kalkarm zijn. De lichte gronden hebben hun kalkarmoede echter te danken aan de ligging dicht bij de zee. Ze zijn namelijk ontstaan uit van elders geërodeerd materiaal. Worden bij de erosie reeds meer of minder ontkalkte sedimenten opgeruimd, dan is de „nieuwe" afzetting ook kalkarm vooral als het transport over korte afstand plaatsvindt. Dit is in Friesland op diverse plaatsen

duidelijk waarneembaar o.a. ter weerszijden van de Middelzee (kaarteenheid 20), ten oosten van het IJsselmeer (kaarteenheden 31 en 32), in noordoost Friesland (kaarteenheden 32 en 37).
Sub 2: Bij de chemische rijping ontstond mede door de kalkarmoede een stagnatie. De uit het zeewater afkomstige Na- en Mg-ionen die aan de kleideeltjes gebonden waren, werden slechts ten dele door Ca-ionen vervangen.
In de loop der eeuwen is het percentage Na-ionen door uitspoeling tot een normaal niveau teruggegaan (minder dan 5% der geadsorbeerde kationen). Het percentage Mg-ionen is echter hoog gebleven. Dit is kenmerkend voor de gronden met knip- en knippige eigenschappen.
De gronden met knippige eigenschappen vertonen veel verwantschap met de knipkleigronden. De typische eigenschappen van de knipklei komen in mindere mate voor. De zwaarte kan variëren van lichte zavel tot zware klei. Bij de knipkleigronden onderscheiden we alleen zware klei.
Het belangrijkste kenmerk der knip- en knippige gronden is de *geringe structuurstabiliteit* zowel voor de bovengronden als ook voor *de ondergronden.* Bij gebruik als bouwland is de bouwvoor zeer gevoelig voor dichtslempen vooral bij de lichte en zandige gronden van deze kaarteenheid. De zwaardere gronden vertonen slechte structuren in de vorm van grote dichte elementen. De knip- en knippige gronden zijn sterk gevoelig voor natte omstandigheden en slechte behandelingen, bijv. het gebruik van zware machines op nat land.
De gronden zijn gauw te nat. Hierdoor beperkt de biologische activiteit zich meestal slechts tot de bovengrond. De bovengrond (A) rust in de meeste gevallen direct, of met een dunne overgangslaag op de ongestoorde ondergrond. Roest- en reductievlekken zijn meestal ondiep aanwezig.
In droge perioden treedt op de zwaardere gronden spoedig watertekort op.
In grasland komen de bovenbeschreven minder goede eigenschappen niet zo sterk naar voren, omdat het hogere humusgehalte en het achterwege blijven van de grondbewerking een zeer gunstige invloed hebben op de structuur en de structuurstabiliteit. Een groot gevaar schuilt bij graslandgebruik in het vertrappen der gronden. In het ergste geval kan hierdoor zelfs „schalter" ontstaan op de zware knipkleigronden. De bovenlaag „drijft" in natte perioden op de dichte knipkleiondergrond. De druk der koeiepoten perst plaatselijk de bovengrond als bulten omhoog, die na indrogen blijven bestaan. Het verschijnsel komt overeen met de opdooi van wegen, waar het bovenste deel drijft op een nog bevroren ondergrond.
Als bouwland zijn de knippige zavelgronden minder bedrijfszeker dan de normale zeekleigronden. De risicofactor is de beperkte tijd in het voorjaar voor de bewerking en het zaaien en in de nazomer en herfst voor het oogsten. Tevens verdragen deze gronden, vanwege hun grote structuurgevoeligheid, een zware mechanisatie slecht. Dit is dan ook de reden dat bij deze gronden steeds meer van bouwland op grasland wordt overgeschakeld. Omdat de gronden in de winter steeds hoge grondwaterstanden hebben, worden aan de waterbeheersing hoge eisen gesteld.

Kaarteenheid 31: Kleiige zand- en sterk zandige kleigronden
Oppervlakte: ca. 1 100 ha.

Deze eenheid is in Friesland gelokaliseerd langs de IJsselmeerkust vanaf iets ten noorden van Workum, tot Staveren. De gronden zijn als kustwal afgezet tijdens en na het ontstaan der Zuiderzee en afkomstig van geërodeerd kalkarm materiaal dat noordelijker was gelegen. De zwaarte van deze gronden neemt van noord naar zuid gaande toe. Boven Hindeloopen blijft het lutumgehalte beneden 17½%, ten zuiden ervan worden de gronden plaatselijk zwaarder en hebben ze tevens knippige eigenschappen. Ondanks hun vrij lage lutumgehalte worden ze als grasland gebruikt.

Kaarteenheid 32: Matig zandige en lichte kleigronden
Oppervlakte: ca. 5 600 ha.

Deze gronden liggen iets meer landinwaarts dan die van de kaarteenheden 31, 19 en 20. Langs de IJsselmeerkust vormen ze het oostelijk deel van de kustwal. In het noordoosten is de ligging meer gecompliceerd.
Ze bestaan ook uit zware zavel en lichte klei, die tot meer dan 50 cm kalkarm is en knippige eigenschappen bezit.

Langs het IJsselmeer is het gebruik beperkt tot grasland. In het noordoosten der provincie zijn de gronden van deze kaarteenheid merendeels als grasland in gebruik.

Kaarteenheden 33, 34 en 37: Overwegend zware knipkleigronden
Totale oppervlakte: ca. 29 900 ha.

Deze drie kaarteenheden worden met het oog op hun verwantschap gezamenlijk beschreven. Alle drie bestaan overwegend uit zware kleien met knip- en knippige eigenschappen.
De zware kleien zijn afgezet in een rustig milieu ver van de directe invloed van eb en vloed. Daarom is ook het kalkgehalte laag gebleven. De gronden zijn soms tot dieper dan 1,20 m kalkarm.
Kaarteenheid 37 betreft ook knipkleigronden, doch deze zijn later tijdens inbraken der zee door een meer of minder dikke kleilaag bedekt geraakt („verjongd"). Hoewel er in de provincie Friesland meer gebieden voorkomen met een verjongingsdek, zijn op de Bodemkaart de duidelijkste twee gebieden aangegeven:

a. Rondom Marssum. Hier is de afdekkende laag dun en wijkt de rest van de grond verder niet af van de knipklei.
b. Langs de Dokkumer Ee is deze kaarteenheid in een vrij grote oppervlakte aanwezig. Het verjongingsdek staat in verband met de inbraken in de Lauwerszee en de erosie der Anjumer- en Foudgumer Kolken. De dikte van het dek bedraagt hoogstens 50 cm. Meestal is het dek dunner en bestaat het uit knippige klei.

Al de gronden van deze drie kaarteenheden hebben de typische knip- en knippige eigenschappen die vooral naar voren komen in de structuurgevoeligheid van de boven- en ondergrond in natte omstandigheden.
De vochthuishouding is in deze gronden van groot belang. In droge perioden droogt de klei spoedig zeer hard op, waarbij sterke krimp optreedt. Er vormen zich dan grote, harde en dichte prismatische structuurelementen (zie fig. 50). Tussen de structuurelementen ontstaan diepe en brede scheuren.
In natte perioden zwelt de klei, raken de scheuren dicht, en wordt de waterhuishouding verstoord, omdat de doorlatendheid zeer sterk afneemt, waardoor de natheid toeneemt en de draagkracht snel vermindert. Door een efficiënte ontwatering is de draagkracht weer op te voeren. Reeds eeuwen geleden kende men deze problemen. Aangezien de oppervlakteontwatering in deze gronden zeer waardevol is, heeft men deze manier van ontwatering geperfectioneerd. De greppels werden uitgediept en de akkers bolrond gemaakt. Hoewel deze vorm van perceelsindeling bezwaarlijk is voor de mechanisatie, waarborgt ze nog steeds een goede ontwatering der knipgronden. Heden ten dage vormen de ronde akkers en de diepe greppels een karakteristiek beeld van het knipkleigebied en geven tevens een beeld van de belangrijkste en beste vorm van de detailontwatering in deze gronden.
Organische stof met daarbij een hoge biologische activiteit zijn in staat om de slechte eigenschappen der knipgronden enigszins te onderdrukken. Door het eeuwenlange graslandgebruik is het organische-stofgehalte in de meeste bovengronden wel op peil. Echter wordt de biologische activiteit afgeremd door de sterk schommelende milieu-invloeden, die of te nat of te droog zijn. De humeuze bovengrond ligt dan ook meestal direct of met een dunne overgangslaag op de ongestoorde ondergrond.
De dikte en de hoedanigheid der bovengrond zijn sterk bepalend voor de kwaliteit der knipklei. In Friesland wordt de bovengrond der knipgronden *brúnlaag* genoemd. (*Brún* = bruin, is de kleur van de grond met een grote mate van homogenisatie als gevolg van biologische activiteit). Vroeger werd veel met een mengsel van terpaarde en stalmest bemest. Hiermede werd een grotere biologische werking verkregen, waardoor de brúnlaag gunstig werd beïnvloed. *Dikke brúnlagen* komen voor als gevolg van verjongingsdekken door latere zee-inbraken. Diktes van 20 à 30 cm zijn daarbij niet zeldzaam, zoals ten zuiden van Harlingen en bij de Lauwerszee.
Opvallend is het kleurverschil tussen de bruingrijze bovengrond en de grauwgrijze ondergrond. De grauwgrijze kleur der ondergrond wijst meestal op een gebrekkige aëratie en een geringe biologische activiteit. Tussen de boven- en ondergrond is meestal een zone aanwezig met veel oranje-rode roestverschijnselen.
Profielbeschrijving van een knipkleigrond

A1g	0– 7 cm	zodelaag, zeer donker grijze (10YR3/1), zeer humeuze, zware klei, met zwakke roest
ACg	7– 16 cm	overgangslaag van A naar C, donkergrijze (10YR4/1), zware klei, met matig veel duidelijke roest. In deze laag komt nogal veel differentiatie voor in kleur (bontheid)

Fig. 50. Profiel van een knipkleigrond ten noorden van Bolsward. Op ca. 55 cm en tussen 77 en 87 cm bevinden zich twee vegetatie-horizonten.
0–55 cm postromeinse afzetting (knipklei); Duinkerke II
55–77 cm preromeinse afzetting („stugge laag"); Duinkerke IB
77–110 cm Westfriese afzetting II (kalkrijke „oude kwelder"); Duinkerke 0.
De zware klei vertoont in droge toestand een sterke scheurvorming en prismatische en blokkige structuurelementen. In natte omstandigheden zijn de structuurelementen sterk gezwollen. Alle scheuren zijn dan dicht. De doorlatendheid is dan zeer gering. (Foto Stichting voor Bodemkartering R29–2)

C1g1 16– 70 cm grijze (5Y5/1), zware klei, met bovenin veel en duidelijke roestvlekken, die naar beneden toe afnemen. Op de structuurvlakken veel grijze huidjes

C1g2 70–120 cm enigszins grijze (7,5Y5/1), zware klei, met matig veel ijzer. De consistentie neemt naar beneden toe af.

Analysegegevens van deze grond

Diepte in cm	*pH (KCl)*	*in % v. d. grond*		*in % van de minerale delen*					*geadsorbeerde kationen in procenten van hun som*				*Ca/Mg*
		$CaCO_3$	*humus*	*< 2*	*2–16*	*16–50*	*50–90*	*> 90*	*Na*	*K*	*Mg*	*Ca*	
5–15	5,4	—	10,3	49	22	25	2,5	2,0					
30–50	5,6	0,1	1,8	54	23	20	2,5	1,0	2,9	8,7	37,0	49,4	1,3
70–80	5,8	0,0	1,0	48	28	22	1,0	0,7	3,4	6,1	39,7	50,8	1,3
± 110	5,9	0,0	1,3	43	26	26	2,5	2,7	3,8	5,3	48,9	42,0	0,9

De verhouding tussen de geadsorbeerde Ca/Mg-ionen is steeds kleiner dan 3. Dit is een chemische karakteristiek van de knipklei. In verband met vroegere publikaties over het Na-gehalte der knipkleigronden, wordt gewezen op de lage percentages aan het complex gebonden Na-ionen (minder dan 5%).
Opgemerkt dient te worden dat de gronden in vele gevallen minder diep reeds kalkrijk worden. Dit is nauw verbonden met de ontstaanswijze van de ondergrond.

Kaarteenheid 35: Complex van zand- tot lichte kleigronden
Oppervlakte: ca. 900 ha.

Deze eenheid komt alleen voor op Terschelling[1]. Op een strandvlakte, beschermd door de duinenkust is hier van het zuiden uit klei afgezet, via een stelsel van geulen en prielen, die na de bedijking *niet* zijn geëgaliseerd. Deze zijn in het landschap duidelijk herkenbaar als kronkelige laagten. De milieu-omstandigheden tijdens de sedimentatie zijn zodanig geweest, dat er een overwegend kalkarm sediment is afgezet. De zwaarte wisselt afhankelijk van het reliëf van de ondergrond en van het patroon der geulen en prielen. Op de hogere delen van de voormalige strandvlakte is weinig of geen klei afgezet, langs de geulen daarentegen liggen lichtere kreekwallen. Landinwaarts ligt zware kalkloze klei, soms met een slappe ongerijpte ondergrond.
De meeste dezer gronden hebben, vooral als de kleibijmenging duidelijk en aan de zware kant is, uitgesproken *knip-eigenschappen*. Het aanwezig zijn van „knipschalter" is vrij algemeen.
Ook vindt men er plaatselijk veen als een zeggeveen.
De waterhuishouding van deze gronden staat onder sterke invloed van het drangwater uit de duinen. Hierdoor komt het dat de grondwaterstanden in de zomer meestal niet verder dalen dan 70 à 75 cm beneden maaiveld.
De gronden van eenheid 35 worden als grasland gebruikt. Beperkingen hiervoor worden veroorzaakt door:
a. de knippigheid
b. de hoge grondwaterstanden
c. de soms grote en veel voorkomende hoogteverschillen van het maaiveld.

Kaarteenheid 38: Zware knipklei met veen beginnend tussen 40 en 80 cm
Oppervlakte: ca. 16 100 ha.

Deze kaarteenheid moet gezien worden als een voortzetting landinwaarts van de knipklei, die over een veenland-

[1] Het betreffende kaartvlak eenheid 35 is per abuis met de kleur en het nummer van eenheid 10 aangegeven.

schap uitwigt. Door de dikte van de kleilaag reageren de gronden ongeveer gelijk aan de knipkleigronden. Door de grote afstand van de aanvoerbasis is het gehele pakket klei kalkarm en zeer zwaar. In de ondergrond op de overgang van klei naar veen wordt de klei sterk humeus en kan katteklei aanwezig zijn.
De gronden zijn alleen als grasland te gebruiken. Door de veenondergrond en de lagere ligging, zijn ze natter dan de knipklei.

Analysegegevens van het kleidek

Diepte in cm	*pH (KCl)*	*in % v. d. grond*		*%*	*in % van de minerale delen*					*geadsorbeerde kationen in procenten van hun som*				*Ca/Mg*
		$CaCO_3$	*humus*	*afsl.*	*< 2*	*2–16*	*16–50*	*50–90*	*> 90*	*Na*	*K*	*Mg*	*Ca*	
10–20	5,1	0,0	5,9	62	43	23	31	2	1,5	1,3	15,6	23,3	59,6	2,4
20–40	4,9	0,0	1,8	62	40	24	33	3	0,5	2,9	1,7	34,–	61,4	1,6

Het profiel had de volgende opbouw:
0– 7 cm teelaarde
7–20 cm overgangslaag
20–55 cm taaie grijze klei
55–70 cm venige klei
70– cm veenmosveen
In Gaasterland o.a. ten oosten van Warns en bij Hemelum ligt de zware kleilaag direct op de zandondergrond, die op de kaart aangegeven is met toevoeging m. Meestal is er een dun venig tussenlaagje aanwezig, dat de oude bovenlaag van het zand is geweest. Naar het klei-op-veengebied wordt dit laagje steeds dikker. Door de geringe klink van de ondergrond liggen de klei-op-zandgronden hoger in het terrein dan de gronden waar de klei op veen rust.

Kaarteenheid 39: Zuiderzee-oevergronden (Complex van zand tot zware klei)
Oppervlakte: ca. 1 100 ha.

Deze kaarteenheid is typisch gebonden aan de kust van de voormalige Zuiderzee en aan de aanwezigheid van keileem. De gronden zijn namelijk grotendeels ontstaan uit materiaal dat van de kliffen (Rode Klif, Mirnser Klif en Oudemirdumer Klif) werd afgeschuurd door de zee en op een rustiger plaats weer afgezet. Het grove materiaal werd als strand- of kustwallen afgezet aan de zuidkant van Gaasterland. Het grovere grindhoudende materiaal bestaat uit grondmorene-gruis en heeft soms geheel de afmetingen van grind. Tussen de strandwallen en meer landinwaarts is het materiaal fijnzandiger en bestaat het uit zware klei.
De gronden zijn homogeen of aflopend. Vaak zijn ze gelaagd. De grofheid van het zand neemt naar het oosten en zuiden gaande af. Tussen Tacozijl en Lemmer is een gebiedje waar een sterk gelaagd dek van afwisselend zware klei en fijne zandbandjes ligt op een zwaar kleidek op veen.
Ten zuidoosten van Lemmer komen ook van deze jonge Zuiderzee-afzettingen voor. Veenenbos (1950) beschrijft deze gronden als dijkoverslaggronden. Het betreft hier ook weer gelaagde afzettingen van afwisselend zand-, klei- en verslagen veenbandjes. Opmerkelijk is de gevoeligheid van deze gronden voor droogte en wateroverlast. Dit is mede een gevolg van de scherpe en grote textuurverschillen in het kleidek, waardoor de beworteling wordt bemoeilijkt.

Analysegegevens van een grofzandige strandwalgrond

Diepte in cm	*pH (KCl)*	*in % v. d. grond*		*in % van de minerale delen*						
		$CaCO_3$	*humus*	*< 2*	*2–16*	*16–50*	*50–105*	*105–150*	*150–210*	*> 210*
30–50	5,1	—	0,6	1,5	1	0	0,4	0,3	1	96

Analysegegevens van een zwaar kleidek en een lichtere fijnzandiger ondergrond

Diepte in cm	*pH (KCl)*	*in % v. d. grond*		*in % van de minerale delen*					
		$CaCO_3$	*humus*	*< 2*	*2–16*	*16–50*	*50–105*	*105–150*	*> 150*
15–25	6,1	0,1	3,8	51	26	20	2,5	0,1	0,3
55–70	6,6	0,2	0,7	6	6	14	52	18,5	3,5

Kaarteenheid 41: Matig zandige klei- en kleigronden
Oppervlakte: ca. 1 500 ha.

De gronden van deze kaarteenheid ten zuiden van Warns zijn evenals die van eenheid 39 zeer complex. Het materiaal is eveneens door de Zuiderzee afgezet. Zee-invloed langs de kust heeft aanleiding gegeven tot heterogene gronden wat betreft de profielopbouw en zwaarte. Langs de kust ligt een dik dek zware zavel tot lichte klei met op ca. 100 cm diepte de veenondergrond. Dit lichte sediment wigt landinwaarts uit over het bestaande klei-op-veengebied en wordt dan tevens zwaarder. De veenondergrond ligt dan tussen 40 en 80 cm. Het sediment is kalkarm en heeft knippige eigenschappen. Plaatselijk zijn er dijkdoorbraken geweest, waarbij waaiers van — soms grof — zandig materiaal als overslag op het bestaande landschap werden afgezet, o.a. ten westen van Laaxum en bij de Rode Schuur. De meest recente doorbraak vond plaats in 1825.
Aan de oostkant komt de pleistocene zandondergrond binnen boorbereik voor. Dit is met de toevoeging m op de kaart aangegeven.

Kaarteenheid 43: Complex van kleiige zand- tot zware kleigronden met wisselende profielopbouw
Oppervlakte: ca. 9 300 ha.

Deze gronden zijn wat betreft de profielopbouw en de zwaarte van het sediment zeer verschillend en wisselend. De bovengronden zijn over het algemeen donker gekleurd en humusrijk. Landschappelijk vertonen ze meer overeenkomst. Het zijn meestal laag gelegen gronden. De lage ligging hangt nauw samen met het ontstaan van de gronden in:
a. afgeërodeerde gebieden
b. drooggemalen meren
c. restanten van oude geulen
Sub a: Deze gronden zijn ontstaan na erosie van het bestaande land. De erosie kan meer of minder diep het „oude" land hebben aangetast. In het noordoosten vinden we tussen Leeuwarden en Oostmahorn vrij veel afgeërodeerde gebieden. De erosie is nauw verbonden met het ontstaan der Lauwerszee en de mogelijkheid om via de Dokkumer Ee het landschap westwaarts binnen te dringen. Voorbeelden van onregelmatige erosiepatronen zijn de zgn. Kolken resp. bij Anjum, Foudgum en Brantgum. Hoogteverschillen van één à twee meter komen daar voor. De opbouw der profielen varieert eveneens sterk.
Erosiegebieden komen ook voor in Barradeel en bij Harlingen. Dit zijn overblijfselen van zee-inbraken, die vanuit het westen het bestaande landschap aantastten. Ook hier zijn de verschillen groot binnen deze kaarteenheid. Ten

noorden van Wijnaldum heeft de erosie een diep dal uitgeschuurd, waardoor plaatselijk wadzand aan de oppervlakte is komen te liggen, waarin zoute kwel optreedt.
In Westergo is de erosie grotendeels veroorzaakt door de Middelzee, die het bestaande knipkleilandschap heeft aangetast. Door de activiteiten van de mens in de vorm van bedijkingen werd aan de erosie een eind gemaakt. Tevens werd de mogelijkheid tot een weer opvullen der ontstane gaten onmogelijk gemaakt, zodat deze gebieden lager in het landschap zijn blijven liggen en vaak een grillige vorm vertonen met scherpe overgangen naar het oorspronkelijke gebied.
Sub b: De drooggemalen meren worden op verscheidene plaatsen in de provincie aangetroffen. Ze zijn evenals de sub a genoemde gronden door erosie ontstaan. Daarna zijn ze, met water gevuld, blijven bestaan en later, meest in de 18e en 19e eeuw drooggemalen. De zwaarte van het sediment wisselt sterk. In de Parregaaster- en Makkumer meerpolders loopt de zwaarte van het kleidek uiteen van kalkrijke zeer lichte zavel tot zeer zware, humeuze klei. Ook in de Noorder- en Zuidermeer bij Staveren is de afzetting meestal zavel, waaronder binnen 80 cm het veen aanwezig is. De textuur varieert tussen lichte en zware zavel, kalkarm met knippige eigenschappen. In beide polders komt zoute kwel voor. In de Noordermeerpolder het meest.
Ook in de Makkumer-, Parregaaster- en Workumermeerpolders is de veenondergrond binnen 1,20 m aanwezig (toevoeging u).
In de omgeving van Warga komen ook nog enkele drooggemalen meren voor. Hier rust een zavelig dek van hoogstens 50 cm op een katteklei. De diepte der veenondergrond is overwegend minder dan 100 cm. De veenondergrond is op de kaart met toevoeging u aangegeven.
Sub c: Dit onderdeel betreft de restanten van de oude geulen. Het betreft hier vooral de oude stroomgeulen in de Middelzee, het Marnedal ten westen van Bolsward en het Moezel/Boornedal naar Akkrum.
Kenmerkend voor deze gronden is de lage ligging met een langgerekt slingerend geulpatroon. De donker gekleurde bovengronden zijn over het algemeen zwaar, kalkarm en humusrijk. De ondergrond bestaat binnen 1,20 m uit humeuze slappe kleien, die typisch zijn voor dalopvullingen.
De gronden van kaarteenheid 43 worden uitsluitend als grasland gebruikt.

Kaarteenheden 44 en 155: Complex van zandige klei- en kleigronden
Oppervlakte resp. ca. 1 600 ha en ca. 1 100 ha.

De gronden van deze beide kaarteenheden vertonen veel overeenkomst omdat ze zijn ontstaan, in een reeds bestaand landschap. Bij kaarteenheid 44 zijn het latere zee-inbraken die het verjongingsdek afzetten. Het ontstaan van de gronden van kaarteenheid 155 is een zuiver menselijke aangelegenheid: het is een gevolg van de kleiwinning voor de baksteen- en dakpannenindustrie („de tichelwerken").
Kaarteenheid 44 ligt ten westen van Marssum als overgang tussen de zware knipklei en de zavelige kwelderwal. Ook tussen Harlingen en Winsum is een verjongingsdek aanwezig. De dikte bedraagt hoogstens 25 cm. De afzetting van dit dek moet verband houden met laat-Middeleeuwse inbraken, waarvan de restanten nog bij Harlingen aanwezig zijn. Over het algemeen bestaan de gronden uit knippige lichte klei, die diep kalkarm is. Hoe groter de invloed van het verjongingsdek is, des te dikker is de bovengrond. De landbouwkundige waardering is dan tevens hoger.
Van deze gronden is nogal vrij veel „afgeticheld". Afhankelijk van het te gebruiken materiaal is of de knippige klei of een deel van de kalkrijke ondergrond afgevoerd. Daardoor vertonen deze gronden een zeer verschillende profielopbouw en varieert de diepte waarop de kalkrijke ondergrond begint. Grote oppervlakten worden aangetroffen tussen Harlingen en Tzum, tussen Harlingen en Franeker en bij Winsum. Tevens zijn hiermee gelokaliseerd de concentraties der voormalige kleiverwerkende industrie. Door het afticheln zijn de gronden aanzienlijk lager komen te liggen. De begrenzing gaat steeds af op de perceelsgrenzen. Dit in tegenstelling met de grenzen van geërodeerde gebieden.
De gronden bestaan uit lichte klei op een kalkrijke ondergrond die meestal tussen 30 en 50 cm begint. Soms zijn ze

geheel kalkrijk. Zijn de afgetichelde gronden over het algemeen weer tot goede cultuurgronden teruggebracht, tussen Kimswerd en Harlingen is dit niet het geval. Hier trad na de afgraving plaatselijk zelfs zoute kwel op.

II DE VEENGRONDEN

De legenda maakt onderscheid tussen de *veengronden* en de *veenontginningsgronden*.
Onder veenontginningsgronden worden verstaan: de gronden waar veen is gebaggerd of gestoken voor turfwinning en waar nu nog minstens 40 cm veen of venig materiaal aan of nabij de oppervlakte ligt. De gronden zijn door een latere ontginning weer voor landbouwdoeleinden geschikt gemaakt.
De veengronden zijn overwegend niet vergraven. Gedeeltelijk heeft er vervening plaatsgevonden.
De onderverdeling die er in beide groepen gronden is gemaakt naar hoogveen en laagveen heeft betrekking op de hoogteligging. Beter zou het zijn de indeling als volgt te benoemen *laag gelegen* en *hoog gelegen veen*. De indeling naar de botanische samenstelling houdt geen rekening met de *huidige* hoogteligging. Ze geeft wel een indeling naar de omstandigheden ten tijde van de groei van het veen:
veenmosveen — oligotroof (voedselarm)
zeggeveen — mesotroof (overgang van arm naar voedselrijk)
riet- en bosveen — eutroof (voedselrijk)
De veengronden in de beekdalen van het zandlandschap (de eenheden 132, 133 en 134) zijn in de legenda ingedeeld bij de Zandgronden en worden daar behandeld.

Kaarteenheid 80: Niet uitgeveende laagveengronden op veenmosveen of zeggeveen
Oppervlakte: ca. 2 500 ha.

De gronden hebben slechts een geringe oppervlakte. Ze liggen hoofdzakelijk in het achterland, of vrij hoog op de helling van de zandgronden. In beide gevallen buiten bereik van de zee-invloed. Door een dikwijls te geringe dikte van de veenlaag werd vervening niet lonend geacht. Deze gronden vindt men overwegend ten westen van de lijn Wolvega-Heerenveen.
Ze hebben een dunne (ca. 15 cm) bovengrond, die naarmate de gronden dichter bij zandgronden of klei-op-veengronden liggen, resp. zandiger of kleiiger wordt. Vooral het zand in de bovengronden is door de mens aangewend om de zode meer draagkracht te geven op het zachte veen. Het zand is afkomstig van de bemesting met aardmest, een mengsel van stalmest en zand. Ook is een deel afkomstig uit de perceelssloten.
Het onderliggende veenmosveen is bovenin zwart door oxydatie. In niet geaëreerde toestand is het roodbruin. Het veenmosveen heeft een fijne structuur. Verschillende planteresten zijn dikwijls te herkennen o.a. wollegras, heide, veenbes. Plaatselijk komt spalterveen voor. Wanneer het veenpakket dik is, gaat het naar beneden toe meestal over in zeggeveen. Waar de zandondergrond zich ondieper dan 1,50 m beneden maaiveld bevindt is dit aangegeven met de toevoeging m.
Het gebruik van deze gronden is uitsluitend grasland.

Kaarteenheid 81: Venige en humusrijke kleigronden en zandige kleigronden op veenmosveen of zeggeveen
Oppervlakte: ca. 16 800 ha.

Het grote veengebied van het Lage Midden is door overstromingen als gevolg van inbraken door de zee met een kleilaag bedekt geraakt.
Waren de gronden van eenheid 80 zo goed als vrij gebleven van een kleibedekking, de gronden van eenheid 81 hebben allemaal een dek van 10 à 40 cm humeuze tot venige, zware klei. Dit dek gaat zeer geleidelijk over in veenmosveen, dat bovenin zwart gekleurd is door oxydatie. Meestal is het veenmosveen binnen 70 cm reeds roodbruin gekleurd, hetgeen wijst op totale reductie en tevens de diepste grondwaterstand aangeeft.

Plaatselijk komt zeggeveen voor in plaats van veenmosveen. Meestal wijst dit op de aanwezigheid van oude geulen tijdens de periode van de veengroei.
In de gronden van deze kaarteenheid komt het *schalterverschijnsel*[1] voor. De schalter veroorzaakt een zeer ongelijke ligging van het maaiveld. De oorzaak moet gezocht worden in de *spalterveensoort* (Sphagnum cuspidatum). Dit is een zeer dun gelaagde veensoort die bij indroging horizontaal zodanig gaat krimpen dat er scheuren ontstaan. Bij het weiden trappen de dieren de bovengrond in de scheuren. De vertering gaat daar door. Dit betekent dat de scheuren steeds dieper worden en het land vooral na droge zomers steeds onegaler wordt (fig. 51). Hoogteverschillen van 50 cm zijn dan heel gewoon.
Een dergelijk perceel is steeds slechts voor de helft in produktie. In droge perioden verdrogen de schalterbulten omdat de toevoer van grondwater door het spalterveen wordt belemmerd. In natte perioden zijn de lage delen te nat. Omdat het schalterverschijnsel in enige omvang het maaien reeds onmogelijk maakt, is voor een ruime exploitatievorm een egalisatie noodzakelijk. Schalterspitten en -ploegen zijn in deze streken dan ook bekende klanken. Dat er na verloop van tijd weer schalterverschijnselen kunnen optreden is zeer wel mogelijk, en staat in verband met de dikte van de spalterveenlaag. Vooral de gronden met een dunne bovengrond zijn het meest gevoelig voor het optreden van schalter.
Plaatselijk komt de zandondergrond ondieper dan 1,50 m onder het maaiveld voor. Dit is met toevoeging m op de kaart aangegeven. De gronden worden uitsluitend als grasland gebruikt.
Een profiel van deze gronden ziet er als volgt uit:

A1g	0– 16 cm	bovengrond, venige klei, met duidelijke roestvlekken en stukjes veen
D1	16– 35 cm	spalterveen, zwart en platerig
D2g	35– 75 cm	veenmosveen met wollegras. Naar beneden wordt de kleur meer bruin
G	75–120 cm	roodbruin veenmosveen.

Analysegegevens van twee lagen uit deze grond

Diepte in cm	*pH (KCl)*	*% humus*	*in % van de minerale delen*						*N-tot.*
			< 2	*2–16*	*16–50*	*50–105*	*105–150*	*> 150*	
1–16	5,1	34,7	36	17	27	6	4	10	0,62
16–20	4,2	86,2							1,18

Kaarteenheid 86: Klei-op-veengronden (veen binnen 40 cm)
Oppervlakte: ca. 19 200 ha.

De gronden van deze eenheid bestaan uit een 20–40 cm dik kleidek op overwegend veenmosveen. Ze liggen in het Lage Midden tussen de dikke kleigronden- op-veen (eenheid 38) en de humeuze kleidekken-op-veen (eenheid 81).
Kenmerkend voor deze gronden is dat zich onder de humusrijke bovengrond een grijze kleilaag bevindt die humusarm is. Ook is het mogelijk dat de kleilaag humeuzer en donkerder gekleurd is. Via een overgangslaag van zwarte venige klei en zwart geoxydeerd veen gaat het profiel over in veenmosveen.
De klei heeft knippige eigenschappen. Dat houdt dus in dat de grond in natte omstandigheden een zeer kwetsbare structuur en een geringe draagkracht heeft. De klei is dan plastisch. In droge perioden is de klei hard en stug met grote scherphoekige structuurelementen.
Waar het kleidek dun is kan schalter optreden. Dit is o.a. het geval ten westen van Woudsend.

[1] Zie ook hoofdstuk II, pag. 50.

Bij Lemmer ligt een verjongingsdek op de klei-op-veengronden. Het dek is gekenmerkt door een afwisselende opbouw van kleilaagjes en zandige lensjes. Het is een Zuiderzee-afzetting, die in de buurt van eenheid 39 duidelijk aanwezig is. Meestal wigt ze vrij spoedig uit in zware klei.
Ten oosten van Lemmer komen ook gronden voor met een vrij hoog ijzergehalte in de bovengrond, die in droge perioden meer of minder „stoffig" kunnen worden door irreversibel indrogen. Plaatselijk komen nog de restanten voor van de zee-inbraken. Hier zijn nog oude dichtgeslibde geulsystemen aanwezig. Tussen Oldeboorn en Beets komen nog dichtgeslibde en verlande „rivier" armen voor van de Boorne. Ook ten zuiden van Akkrum bevinden zich geulpatronen in het klei-op-veenlandschap.
Waar de zandondergrond ondieper dan 1,50 m beneden maaiveld aanwezig is, werd dit met toevoeging m op de kaart aangegeven. Ook is het mogelijk dat de klei direct op de zandondergrond rust.
Een profielbeschrijving van deze gronden:

A1g	0– 7 cm	zodelaag, zeer donker grijs (10YR3/1), humusrijk met roestspikkels, de beworteling is goed
ACg	7– 15 cm	overgangslaag, zeer donker grijs tot donker grijs (5Y3/1–4/1), humeus met veel roestvlekken
C1g	15– 25 cm	donker grijze tot grijze, humusarme, zware, stugge knipklei, met veel roest. De overgang naar het veen is een donkere humeuze tot venige klei.
D	25–120 cm	veenmosveen, bovenin zwart, naar beneden gaande roodbruin gekleurd.

Fig. 51. Het schalterverschijnsel in ernstige vorm. *(Foto Stichting voor Bodemkartering R33–57)*

Kaarteenheid 87: Gedeeltelijk uitgeveende gronden
Oppervlakte: ca. 4 100 ha.

Hier betreft het gebieden, die gekenmerkt zijn door een complex van *kraggelanden* en *petgaten*. Ze komen in hoofdzaak voor ten oosten van Wolvega o.a. de Scheenekavel, ten noorden van Heerenveen o.a. De Deelen en ten westen van Eernewoude in het Princenhof (fig. 43A).
Het ontstaan van deze gebieden is te danken aan het wegbaggeren van het veen voor turfbereiding. In vele gevallen heeft men de uitgeveende gronden weer ontgonnen en in cultuur gebracht. Door de lagere ligging worden ze „onder"-gronden genoemd. Deze zijn als kaarteenheden 93 en 94 aangegeven. Kaarteenheid 87 geeft echter de verveende gebieden aan, die niet of nog niet zijn ontgonnen. Opmerkelijk is, dat de vervening zich in hoofdzaak heeft beperkt tot het veen binnen kaarteenheid 81 en ook nog iets in de kaarteenheid 86. Dus in het algemeen tot de gronden met een dun kleidek. Redenen hiervoor waren: het geringere grondverzet t.o.v. een dikker kleidek en het door een grotere afstand van de zee, lagere zoutgehalte van het veen. Zoute turf gaf afzetmoeilijkheden i.v.m. de snelle „aanslag" op het koperwerk. Ook werd van een goede turf verlangd dat hij witte as gaf en een goede „kool". Deze eigenschappen had het aanwezige veenmosveen.
Het veen werd meestal tot bijna op het zand weggebaggerd. Na het vervenen blijft er een gebied over van met water gevulde *trekgaten* en *zethagen* waarop de turf gedroogd werd. De zethagen kunnen in breedte variëren van 1 tot verscheidene meters. Is het profiel ongestoord dan worden ze *ribben* genoemd. Bestaan ze uit verwerkte grond — meest teruggestorte bovengrond — dan noemt men ze *zetwallen* (zie ook fig. 30).
De petgaten kunnen in allerlei stadia van verlanding verkeren. Ze raken op den duur geheel gevuld met riet. De wortelmassa's van deze vegetatie worden kragge genoemd. Tussen de bovenomschreven terreinen liggen ook wel niet of gedeeltelijk verveende percelen. De exploitatievorm der petgaten is de rietcultuur, die in de Scheenekavel intensief wordt bedreven voor de winning van dekriet. De zethagen van enige breedte worden meestal nog als hooiland gebruikt. De rest ligt woest.
De ontginningen van overheidswege worden slechts nog op geringe schaal uitgevoerd. Door particulieren wordt er nog wel aan gewerkt, om twee redenen. Ten eerste de landhonger en ten tweede het innen van de slikgelden. De grote complexen zullen wel als zodanig blijven bestaan om te dienen voor recreatieve doeleinden en voor de natuurwetenschap, o.a. 't Princenhof, De Deelen, Scheenekavel.

Kaarteenheid 88: Hoogveengronden niet of weinig verweerd
Oppervlakte: ca. 400 ha.

Met deze kaarteenheid is de tijdens de veldopname in 1953 nog onvergraven oppervlakte hoogveen aangegeven Ze komt voor bij Fochteloo ten oosten van Oosterwolde. Het gebied vormt een onderdeel van het in Drente gelegen hoogveengebied ten zuiden van Veenhuizen. Het hoogveen ligt hier compleet met een jong veenmosveen-dek op het oude veenmosveen of zwartveen.
De overgang naar de zandondergrond kan zeer verschillend zijn en variëren van een dikke gliedelaag, tot een pakket zeggeveen of broekveen. Het maaiveld is zeer ongelijk, door de grote pollenvormende vegetatie. De gronden zijn ondanks de begreppeling nog nat.
Het hoogveen wordt hier nog als industriegrondstof gewonnen. Het bolsterveen wordt in de turfstrooiselfabriek tot de bekende pakken en plastic zakken turfstrooisel verwerkt.
Het zwartveen wordt nog in zeer geringe mate gewonnen voor turfbereiding. Veel materiaal, zowel bolster- als ook zwartveen wordt gebruikt voor het maken van potgrond en grondverbeteringsmateriaal in de tuinbouw. In het gebied ligt de keileemondergrond plaatselijk ondiep onder de vaste ondergrond.
De gronden zijn niet in cultuur. Een deel er van is als natuurreservaat beschermd tegen afgraving.

Kaarteenheid 89: Hoogveengronden, vaak iets verweerd, met een mestdek
Oppervlakte: ca. 600 ha.

In Friesland zijn twee gebiedjes in deze kaarteenheid onderscheiden, t.w. ten westen van Gorredijk en ten westen van Beetsterzwaag. Het betreft hier gebieden die vermoedelijk niet of slechts ten dele door de veenderij zijn aangetast. Bij Gorredijk kan de reden daarvoor geweest zijn de aanwezigheid van de Ee, waardoor een rijker veen was ontstaan; bij Beetsterzwaag was het de ondiepe ligging der zandondergrond.
De gronden bestaan steeds uit een meer dan 40 cm dik pakket veen, waarop een dun cultuurdekje ligt. De gronden zijn als grasland in cultuur. Irreversibel indrogen komt nogal eens voor.
Waar de zandondergrond ondieper ligt, komt dit tot uiting in een dikkere en zandiger bovengrond.
De gronden vertonen veel overeenkomst met de zwartveen-ontginningsgronden. Ze worden allemaal als grasland gebruikt.

Kaarteenheid 90: Hoogveengronden, gedeeltelijk afgeveend. Veen en restveen, deels met 35–50 cm bonklaag
Oppervlakte: ca. 300 ha.

Deze kaarteenheid omvat het hoogveen, waarvan alleen nog maar het bolsterveen is verwijderd voor de turfstrooiselfabricage, en die gedeelten waar ook het veenmosveen is weggegraven na terugstorten van de ca. 50 cm bonkaarde. Dit laatste deel wordt tevens als zetveld voor de te drogen turf gebruikt. Na ontginning en bezanding ontstaan hieruit de eenheden 98 en 95.
De gronden zijn nog niet in cultuur. De weergave op de kaart berust, evenals de oppervlakten, op de toestand tijdens de veldopname in 1953.

Kaarteenheid 92: Laagveenontginningsgronden
Oppervlakte: ca. 1 300 ha.

De gronden van deze eenheid liggen ten noorden van Wolvega in het dal van de voormalige Tjonger. Van het veen, dat zich hierin had ontwikkeld, is in de loop der tijden een gedeelte afgeveend. We hebben hier derhalve te maken met een gebied *restveengronden*. De dikte van de restveenlaag kan variëren van meer dan 1 m tot minder dan 10 cm. Dit is afhankelijk van de diepte der zandondergrond en de verveningsdiepte. Plaatselijk komt de zandondergrond aan het oppervlak.
In de dikke restveenlagen heeft een latere vervening plaatsgevonden. Hierbij werd de „natte" methode toegepast, waarbij de veenspecie onder water werd opgehaald. De nu nog aanwezige petgaten zijn daar een overblijfsel van.
De bovengronden of A-horizonten zijn over het algemeen dunner dan 20 cm. Ze bestaan meestal uit veraard veen met een meer of minder duidelijke bijmenging van zand.
De gronden zijn over het algemeen vrij nat en gevoelig voor vertrapping. Ze worden uitsluitend als grasland gebruikt.

Kaarteenheid 93: Laagveenontginningsgronden
Oppervlakte: ca. 12 800 ha.

In Friesland zijn dit over het algemeen drooggemaakte trekgaten die na de vervening van het „laag gelegen" veen overbleven. De gronden bestaan uit meer dan 40 cm veen of veenslik op een minerale ondergrond.
De vervening in deze gebieden geschiedde overwegend onder de waterspiegel met de schop of met de beugel en later met de machine. Na de vervening bleven de zethagen achter en verlandden de trekgaten door de groei van kraggen. Reeds lang werden door eerst te ontwateren grotere of kleinere complexen ontgonnen. Na ontwatering werd de kragge doorgespit, de zethagen geslecht en het vaste veen los gemaakt.
Wanneer de oude bovengrond bewaard was gebleven in de zetwallen werd dit als bovengrond gebruikt. Vele variaties

zijn op het bovenstaande mogelijk. Meestal werd aan het doorspitten en losmaken der vaste ondergronden en de ribben te weinig aandacht geschonken, zodat die later na inklinking van de rest als verdrogende ruggen in het terrein kwamen te liggen. Indien zand voorradig was werd een bezanding toegepast. Dit is bijv. het geval in de ontginning bij Rohel ten noorden van het Tjeukemeer en in gedeelten van de St. Johannisgaasterveenpolder. Ook in de Grote Noordwolderpolder — ten zuiden van de Fluessen — vindt men behalve klei ook zand in de bovengrond. Deze polder is in feite ook geen zuivere laagveenontginning, omdat men na inpoldering en droogmalen ,,in-den-droge" heeft verveend.
Uiteraard heeft iedere ontginning of ,,ondergrond'' een eigen peil, dat lager is dan dat van de bovengronden. Hoewel de bemalingen over het algemeen goed functioneren, zijn de laagveenontginningsgronden nat en hebben mede door hun vaak hoge organische-stofgehalte in de bovengrond een geringe draagkracht. Ze worden alleen als grasland gebruikt. In de ontginningspolder bij Rohel komt tuinbouw voor.

Hoogveenontginningsgronden

Het betreft de kaarteenheden:
94 Lage zwartveenontginningsgronden
95 Lage oudere dalgronden
97 Middelhoge en hoge zwartveenontginningsgronden
98 Middelhoge en hoge oudere dalgronden.
De hoogveenontginningsgronden hebben gemeen, dat ze zijn aangemaakt, nadat het hoogveen geheel of gedeeltelijk was afgegraven.
Grote delen in de Friese Wouden, waar men het hoogveen praktisch geheel heeft weggegraven zijn *niet* meer tot de hoogveenontginningsgronden gerekend. De grens van het hoogveen en het laagveen wordt gelegd daar waar men nog meer of minder droog heeft verveend. Dit ,,in-den-droge" vervenen werd mogelijk gemaakt door de bedijking en de bemaling der veendistricten. Een scherpe grens valt niet te trekken omdat men plaatselijk na de droge vervening overging op de natte vervening. Tot het tussengebied van de droge en natte vervening behoort het gebied tussen Heerenveen en Gorredijk en een gebied tussen Haulerwijk en Veenhuizen. Het gebied ten oosten van Oosterwolde en Appelscha is een zuiver hoogveenontginningsgebied. Het jongste deel is zelfs gekenmerkt door de afwezigheid van wijken. Het transport geschiedt uitsluitend per as.
Het verschil tussen de dalgronden en de zwartveenontginningsgronden ligt in de aanwezigheid van bolster onder de bouwvoor. Meestal liggen de zwartveenontginningsgronden lager en is er geen jong veenmosveen op het oude veenmosveen ontstaan, o.a. door de zee-invloed en door cultuurmaatregelen.

Kaarteenheid 94: Lage zwartveenontginningsgronden
Oppervlakte: ca. 12 500 ha.

Na de ontginning der afgegraven gronden ontstonden de zwartveenontginningsgronden. Bij deze gronden is géén bolster teruggestort. Vermoedelijk is dit hier ook niet aanwezig geweest. Het veen werd meestal niet geheel weggegraven. De dikte van het restveen hing nauw samen met het reliëf van de zandondergrond.
Merendeels is echter een veenlaagje van 10 cm of dikker achtergebleven. Bij de ontginning werd dit na al of niet losmaken bezand met het materiaal uit de wijken. Dit verschijnsel komt veel voor bij eenheid 94 met toevoeging x.
Binnen eenheid 94 treft men behalve de zandopduikingen met een dunne restveenlaag, ook dikke veenlagen aan in de depressies van het zandlandschap.
De veenlaag en de in het dekzand aanwezige humuspodzolen werken storend op de waterhuishouding: bij droogte spoedig te droog en bij enige neerslag snel te nat. De storende veenlaag wordt veelal ,,bitter" genoemd. Dit bitterlaagje kan soms zeer dicht en platerig zijn. Door de oxydatie en de verzuring is de pH meestal laag. De gronden van deze eenheid zijn geheel als grasland in gebruik.

Profielbeschrijving van een lage zwartveenontginningsgrond:

Aan	0– 14 cm	zwarte, humusrijke, zandige bovengrond
C11	14– 35 cm	zwart, sterk geoxydeerd en veraard veenmosveen, platerig
C12	35– 50 cm	zwart veenmosveen
D11	50– 70 cm	donkerbruin, humusrijk, matig fijn zand
D12	70–120 cm	bruin, matig fijn zand

Kaarteenheid 95: Lage oudere dalgronden
Oppervlakte: ca. 400 ha.

Tot deze eenheid zijn de oudere dalgronden gerekend, waar bij de vervening een deel van de bolster is teruggestort. Ze vormen in het gebied der oudere dalgronden de laagste delen en zijn gewoonlijk gebonden aan oude stroompjes. Het veenpakket is hier doorgaans nogal vrij dik. De grondwaterstanden blijven meestal hoog. Het Friese aandeel in deze kaarteenheid ligt ten oosten van Appelscha en vormt slechts een geringe oppervlakte. Het maakt deel uit van de oudere lage dalgronden die in het gebied van Smilde liggen. Het veenpakket is overwegend meer dan 80 cm dik. In het onderliggende zand bevindt zich een zwak ontwikkelde humuspodzol.

Kaarteenheid 97: Associatie van middelhoge en hoge zwartveenontginningsgronden
Oppervlakte: ca. 400 ha.

In Friesland zijn eigenlijk alleen de middelhoge zwartveenontginningsgronden aanwezig. Dus hoogveenontginningsgronden waar na de ontginning onder de bouwvoor vrijwel geen bolster aanwezig is.
Onder een bovengrond van 20 à 25 cm is plaatselijk een restveenlaagje aanwezig. In de zandondergrond is een humuspodzol ontwikkeld. De keileemondergrond ligt veelal binnen 1,20 m. Het zijn goed vochthoudende gronden, die als grasland in gebruik zijn.

Kaarteenheid 98: Associatie van middelhoge en hoge oudere dalgronden
Oppervlakte: ca. 7 000 ha.

De gronden die tot deze kaarteenheid behoren liggen alle ten oosten van Appelscha.
Door het reliëf van de zandondergrond zijn hier in deze kaarteenheid nogal grote verschillen. Op de hoge zandgronden waar het veen grotendeels geheel is weggegraven en nadien in de bouwvoor is geploegd, treffen we de hoge oudere dalgronden aan. Het veenontginningsdek van ca. 30 cm ligt meestal direct op het dekzand met een duidelijk ontwikkelde humuspodzol.
In een lagere positie komt de keileem overwegend binnen 1,25 m in het profiel voor (toevoeging s). De restveenlaag is meestal aanwezig en is tot 20 à 30 cm dik, soms echter tot 1 m. In de zandondergrond is een „lagere" humuspodzol ontwikkeld. We hebben hier te maken met de middelhoge gronden van deze kaarteenheid. De diepteligging van de keileem varieert nogal sterk. Plaatselijk ligt de keileem binnen 60 cm beneden het maaiveld. We hebben dan te maken met gronden die spoedig wateroverlast hebben.
In dit gebied komt door de „import" van veenkoloniale boeren nog bouwland voor. Het merendeel is echter als grasland in gebruik.

III DE ZANDGRONDEN

De indeling der Zandgronden naar het kalkgehalte geeft tevens een splitsing aan tussen de oude pleistocene dekzanden en de jonge holocene duinzanden. De dekzanden zijn steeds kalkarm. De duinzanden, die alleen op de eilanden voorkomen, vormen naar kalkgehalte een associatie van kalkrijk en kalkarm (eenheden 129 en 130).

In de dekzandgronden is een onderscheid gemaakt tussen:
a. de zandgronden
b. de associaties van zand-, leem-, rivierklei- en veengronden.
In feite is hierbij een onderscheid gemaakt tussen de zandgronden in de hogere gebieden en die in de lagere beekdalen.
Alle dekzanden in Friesland zijn mineralogisch *zeer arm*, dwz. ze bestaan bijna uitsluitend uit onverweerbare kwarts (SiO_2). Het materiaal van de eenheden 129, 130 (het duinzand) en van 111 en 124 bevat behalve kwarts nog een percentage verweerbare mineralen.
Belangrijke criteria voor een verdere indeling der zandgronden waren: de hoogteligging t.o.v. het grondwater, de textuur van het materiaal, de aard van de bodemvorming en de invloed van menselijke activiteit.
De indeling van lage, middelhoge en hoge zandgronden is gebaseerd op de invloed van het grondwater. In de lage zandgronden zijn de grondwaterstanden gedurende een tamelijk lange periode vrij hoog en hebben contact met de bovengrond. Bij de middelhoge zandgronden is deze periode aanmerkelijk korter en de invloed van het grondwater op de bovengrond gering. Bij de hoge zandgronden is de grondwaterinvloed of gering, of afwezig.

Kaarteenheid 101: Lage humuspodzolen in zeer arm zand
Oppervlakte: ca. 9 700 ha.

Dit zijn de lage zandgronden, die op de overgang van het zandgebied naar het Lage Midden liggen. Ze zijn in het algemeen niet en zwak lemig en behoren meestal tot het Jongere, matig fijne dekzand.
Vooral in het gebied tussen Heerenveen en Gorredijk, maar ook elders is een groot deel van deze gronden met een veenpakket bedekt geweest. In vele gevallen is dit nog duidelijk merkbaar aan:
a. het voorkomen van wijken
b. het nog aanwezig zijn van een restveenlaagje
c. de dikte en samenstelling van de bovengrond
Vooral sub b en c zijn belangrijk omdat ze in hoge mate de landbouwkundige kwaliteit bepalen.
Het restveenlaagje „bitter" vormt een storende laag, zowel voor de waterhuishouding als ook voor het wortelmilieu i.v.m. de lage pH. De latere ontginningsactiviteiten na de vervening hebben merendeels geresulteerd in het ontstaan van een humeuze bovengrond die een dikte heeft van 35 à 40 cm. Dit is op de kaart aangegeven met toevoeging j. Ook is de bovengrond lemig, als gevolg van de bijmenging met lemig materiaal en er kunnen gleyverschijnselen in voorkomen in de vorm van roest en iets bleek gekleurde vlekken. De A2-horizont is meestal vaag ontwikkeld of ontbreekt geheel.
De podzol is steeds geheel ontijzerd. Waar het Jongere, niet lemige dekzand, overgaat in het lemige Oudere dekzand heeft zich veelal een verkitte humusinspoelingslaag gevormd, die meestal enkele dm's dik is (waterhard of felslaag). Op hellingen kan deze laag zeer dik en hard zijn.
De B-horizont is meestal bovenin kazig ontwikkeld dwz. smerend bij kneden tussen duim en wijsvinger. Het humusgehalte neemt af van humeus bovenin tot humusarm onderin. De dikte van de B-laag kan sterk variëren en wel van 50 cm tot meer dan één meter. Opmerkelijk is dat de lage zandgronden ten noorden van Drachten minder sterk ontwikkelde podzolen hebben dan die ten zuiden ervan. Als oorzaak wordt de geringere veeninvloed genoemd. Het gevolg is dat de geringe podzolering het zandskelet niet geheel heeft opgevuld met humusstoffen waardoor de goede doorlatendheid van deze jonge dekzandgronden is bewaard gebleven. Bij de sterke podzolering vooral onder restveenlaagjes, is de doorlatendheid der profielen vaak zeer gering.
Profielbeschrijving van een grond binnen eenheid 101, waarop geen veen heeft gelegen:

A1g	0– 30 cm	bovengrond met zwakke roestvorming; zwart tot zeer donker grijs (10YR2,5/1), humeus, zwak lemig, matig fijn zand
B21	30– 55 cm	donkerbruin tot zeer donkerbruin (7,5YR3/2), humusarm, zwak lemig matig fijn zand
B22	50– 75 cm	donkerbruin tot bruin (7,5YR4/3), matig fijn zand
BC	75–120 cm	bruin tot licht geelbruin (10YR5/3–6/4), matig fijn zand

Analysegegevens van twee monsters uit deze grond

Diepte in cm	*pH (KCl)*	*% humus*	*in % van de minerale delen*					
			< 2	*2–16*	*16–50*	*50–90*	*90–150*	*> 150*
5–30	4,8	6,1	2,5	3	3	6	29	56
60–70	4,4	2,6	1	2	4	9	28	54

Profielbeschrijving van een lage zandgrond binnen eenheid 101 nabij Langezwaag:

A1g	0– 28 cm	homogeen zwarte (7,5YR2/1), bovengrond; humeus, sterk lemig, matig fijn zand met weinig roestvlekjes
D	29– 35 cm	zwart veenmosveen
A2	35– 41 cm	grijze, niet lemige, matig fijnzandige loodzandlaag
B21	41– 62 cm	donker roodbruine (5YR3/2), humusinspoelingszone; matig humeus, matig fijn zand, matig kazig en dicht
B22	62– 85 cm	bruine (10YR5/3,5), inspoelingslaag; humusarm, matig fijn zand
B3	85–110 cm	licht geelbruin (10YR6/4), zwak lemig, matig fijn zand
	110–115 cm	donker roodbruine (5YR3/2), verkitte humusinspoelingslaag (felslaag)
G	115–125 cm	licht geelbruin tot licht grijsgeel (10YR6,5/4), gereduceerd, sterk lemig, fijn zand

In Friesland zijn alle lage humuspodzolgronden als grasland in gebruik.

Kaarteenheid 102: Gleygronden in zeer arm zand
Oppervlakte: ca. 5 200 ha.

Deze gronden vormen het laagste deel van de zandgronden. Ze liggen overwegend in de beekdalen van resp. Boorne, Tjonger, Linde, Draait en rondom het Bergumermeer.

De grondwaterstanden zijn steeds zo hoog geweest dat er geen of slechts weinig humusinspoeling heeft plaatsgevonden. Door deze voortdurend natte omstandigheden heeft de C-ondergrond een bleekgrijze kleur. De A1-horizont bestaat uit zeer humeus lemig zand. De C-horizont kan zowel zwak als sterk lemig zijn. In de A- en in de C-horizont komen roestvlekken voor. Ook worden er reductievlekken in aangetroffen, die naar beneden in aantal en intensiteit toenemen. Meestal wordt binnen boorbereik de zone van permanente reductie, de G-horizont, bereikt. Waar binnen 120 cm de G-horizont wordt aangeboord is de kleuromslag in de keileem zeer duidelijk. De keileem-ondergrond komt in de beekdalen zeer onregelmatig voor. Ze is in deze kaarteenheid niet op de kaart weergegeven. Ook komen de gronden van deze kaarteenheid voor met een venige bovengrond of tussenlaag. Op de overgang naar de grijze zandondergrond is een sterk lemig laagje aanwezig ter dikte van 10 à 20 cm („beekleem"). Hieronder bevindt zich meestal vrij gauw de gereduceerde ondergrond.

Profielbeschrijving van een sterk lemige grond uit eenheid 102:

A1g	0– 32 cm	zeer donker bruine (10YR2/2), zeer humeuze, sterk lemige bovengrond met roestvlekjes
Bg	32– 42 cm	grijsbruin (10YR5/2), humusarm, sterk lemig zand
Cg	42– 60 cm	licht grijsbruine, humusarme, zandige leem
CG	60– 75 cm	bijna gereduceerde zandige leem met een kleurovergang van licht grijsbruin naar olijfgrijs (2,5Y5/2–5Y5/2)
G	75–120 cm	olijfgrijze (5Y5/2), gereduceerde, zandige leem

Analysegegevens van monsters uit deze grond

Diepte in cm	*% humus*	*in % van de minerale delen*						*C/N*
		< 16	*16–50*	*50–75*	*75–105*	*105–150*	*> 150*	
0–32	12,2	16,7	20,2	18,3	7,7	7,9	28,3	17
32–42	0,7	6,8	25,5	32,8	9,7	5,6	19,9	
42–60	0,6	13,6	33,3	34,2	10,8	2,7	19,1	
60–75	5,5	13,5	44,0	32,3	6,0	1,7	2,6	

Profielbeschrijving van een grond binnen eenheid 102 met een veenlaagje en beekleem:

Aang	0– 33 cm	zwarte tot zeer donker bruine (10YR2/1,5), zeer humeuze, sterk lemige bovengrond met roestvlekken
A0	33– 53 cm	sterk veraard veen
C1g1	53– 62 cm	zeer donker bruine (10YR2/2), venige beekleem
C1g2	62– 70 cm	zeer donker grijze tot zeer donker grijsbruine (10YR3/1,5), beekleem
Cg	70– 84 cm	donkerbruin tot olijfgroen (10YR4/3–2,5Y4/4), sterk lemig zand met gleyvlekken
DG	84–120 cm	gereduceerde keileem (10YR5/1)

Analysegegevens van monsters uit deze grond

Diepte in cm	*pH (KCl)*	*% humus*	*in % van de minerale delen*						*C/N*
			< 16	*16–50*	*50–75*	*75–105*	*105–150*	*> 150*	
0–33	5,3	13,7	13,4	12,8	9,7	7,1	11,6	45,4	14
33–53	5,1	76,7	43,2	2,0	8,5	6,0	7,5	32,8	55
53–62	5,0	21,0	48,6	5,3	16,1	3,6	4,1	22,3	55
62–70	5,4	5,2	17,4	33,5	20,1	3,8	3,6	21,6	22,5
70–84	—	1,2	13,0	8,0	7,0	6,6	10,9	54,5	

Ten noorden en zuiden van Surhuisterveen komt een gebied gleygronden voor, waar binnen 125 cm diepte *potklei* voorkomt. Dit is op de kaart aangegeven met toevoeging t. De zware, stugge, slecht doorlatende potklei is hier de oorzaak van het ontstaan van deze lemige natte gleygronden. Ook komen er gleygronden voor o.a. ten zuiden van Drachten, waar een mestdek van 30 à 50 cm dikte is opgebracht. Dit zijn uiteraard de betere gronden in deze eenheid. De gleygronden worden uitsluitend als grasland gebruikt. Door de hoge grondwaterstanden en hun ligging in de beekdalen hebben ze nogal snel wateroverlast. Door de geringe bodemvorming zijn de gronden bij een diepe ontwatering spoedig droogtegevoelig.

Kaarteenheid 107: Middelhoge podzolen in zeer arm, niet lemig fijn zand
Oppervlakte: ca. 4 200 ha.

Dit zijn de middelhoge gronden in het Jongere, matig fijne dekzand, die nog wel grondwaterinvloed hebben maar er weinig of geen overlast van ondervinden. Ze zijn uitsluitend tot humuspodzol ontwikkeld, met een duidelijke B-horizont. Deze gronden liggen voornamelijk in de brede gordel Jonger dekzand ten zuiden van Beetsterzwaag. De bovengronden zijn voor een groot deel dikker dan 30 cm. We hebben hier te maken met oude veenontginningsgronden langs de Schoterlandsche en Opsterlandsche Compagnonsvaarten. De dikkere bovengronden zijn meestal

lemiger dan de dunne, vanwege de bijmenging met keileem en lemig dekzand, afkomstig uit de gegraven wijken en vaarten.

Profielbeschrijving van een grond binnen eenheid 107:

Aan	0– 40 cm	zeer donker bruine (10YR2/2), matig humeuze, zwak lemige bovengrond met soms langs de wortels een weinig roest
AB	40– 50 cm	overgangslaag van A naar B met resten A0
B21	50– 60 cm	donkerbruin (7,5YR3/4), humusarm, matig fijn zand
B22	60– 80 cm	geelbruin (10YR5/4), humusarm, matig fijn zand
BC	80–110 cm	geelbruin (10YR5/4–2,5Y6/4), humusarm, matig fijn zand
C	110–125 cm	licht grijsbruin (2,5Y6/1), humusarm, matig fijn zand

Analysegegevens van twee monsters uit deze grond

Diepte in cm	*pH (KCl)*	*% humus*	*in % van de minerale delen*					
			< 2	*2–16*	*16–50*	*50–90*	*90–105*	*> 105*
5–40	3,7	5,3	2,0	3,5	3,0	3,0	22	67
65–80	4,0	0,9	0,5	2,0	0,4	3,5	22	72

Deze gronden zijn geheel als grasland in gebruik.

Kaarteenheid 109: Middelhoge podzolen in zeer arm zwak lemig, soms niet lemig, fijn zand
Oppervlakte: ca. 41 200 ha.

Deze gronden vormen naar oppervlakte de belangrijkste kaarteenheid van het Friese zandgebied. Ze zijn evenals de gronden van eenheid 107 middelhoog. Door een hoger leemgehalte en een minder grof zandskelet van het moedermateriaal, staan ze iets meer onder invloed van het grondwater. Vooral wanneer de keileemondergrond binnen 100 cm onder het maaiveld aanwezig is, is een sterke fluctuatie van het grondwater mogelijk. Dit betekent, dat de grondwaterstanden in de winter hoog kunnen oplopen, maar in de zomer diep in de keileem wegzakken (fig. 52). Uiteraard zal de grondwaterinvloed het sterkst worden in de lemige gronden en de gronden waar de keileemondergrond ondieper dan 60 cm onder het maaiveld ligt.

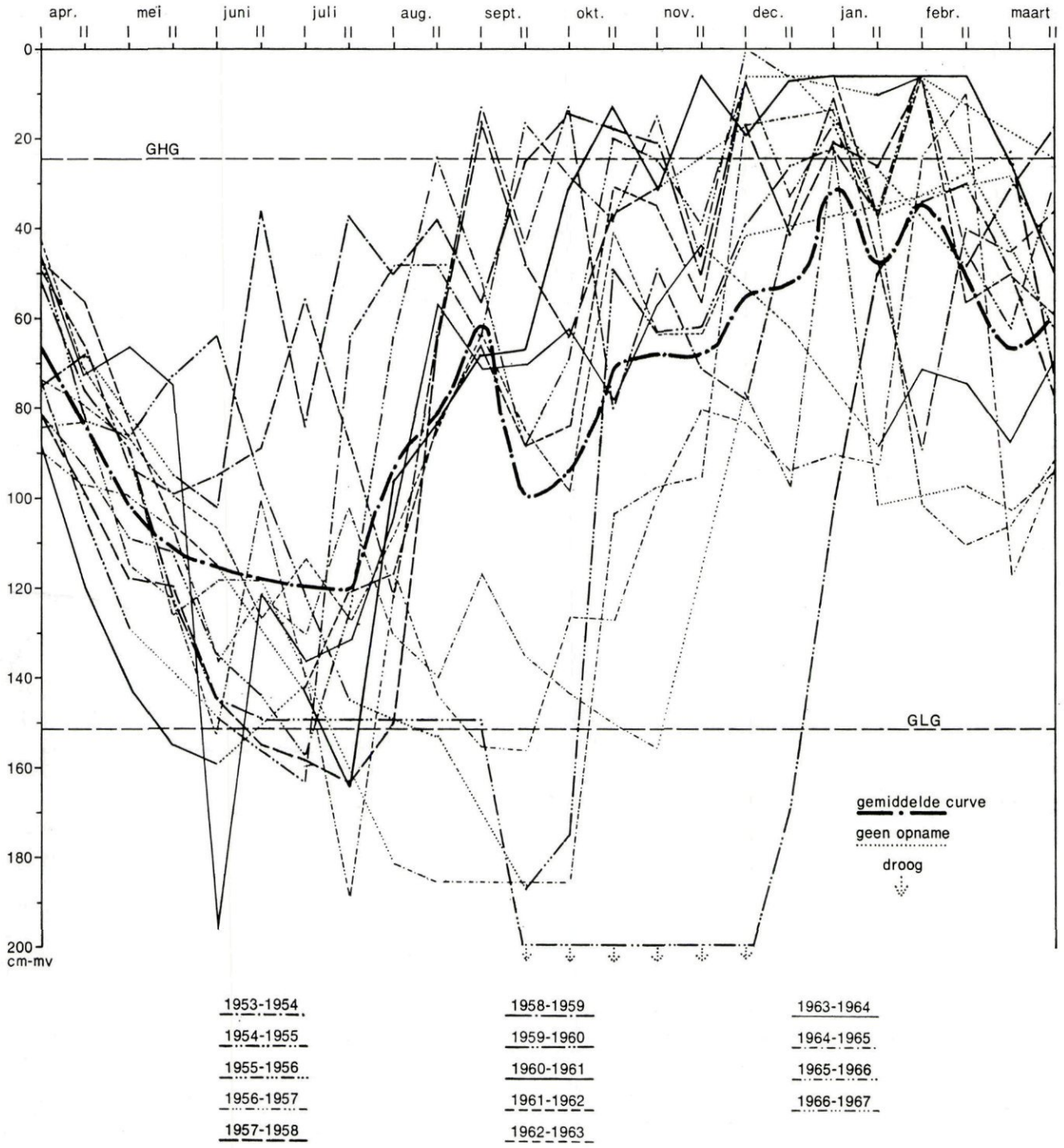
Gebaseerd op de verschillende ontginningstypen kunnen we onderscheid maken tussen gronden met een bovengrond dunner dan 30 cm en die met een bovengrond van 30 tot 50 cm dik (toevoeging j, oppervlakte ca. 17 400 ha). De eerste geven meestal de jongere ontginningen weer van na ca. 1900, de laatstgenoemde zijn afkomstig:

a. van de oude bouwlanden, die bemest werden met plaggenmest uit de potstallen
b. van de veenontginningsgronden, waarop bij de ontginning een bovengrond is aangebracht.

De diep ontgonnen complexen zijn aangegeven met toevoeging f.

De gronden bestaan doorgaans uit zwak lemig dekzand. De bovengronden zijn meestal als gevolg van bijmenging van keileem zwak of sterk lemig. De gronden met een ondiepe keileemondergrond zijn meestal sterk lemig en bestaan overwegend uit keizand. Er is altijd een humuspodzol ontwikkeld, waarvan de bovenkant van de B-horizont kazig is. Waar in vroegere tijden een veenbedekking is geweest, reikt de bodemvorming dieper; door de nieuwe humusinfiltratie is de oorspronkelijke bodem minder duidelijk. De A2 bijvoorbeeld is niet meer een grijswitte laag, maar heeft een vuil bruine kleur. Vooral op hellingen komt veelvuldig een verkitte B-horizont voor. Ook komen in de veenontginningsgronden restveenlaagjes voor, die zeer storend werken. De storende werking kan worden veroorzaakt door een dichte platerige structuur met een gering vermogen om water door te laten. Ook heeft deze laag vaak een lage pH. De praktijkbenaming van deze laag is „bitter" of „koffiedik".

Fig. 52. Grondwaterstanden van 14 jaren in een humuspodzolgrond met een keileemondergrond ondieper dan 80 cm beneden maaiveld. (GHG = gemiddelde hoogste grondwaterstand, GLG = gemiddelde laagste grondwaterstand, beide zijn berekend uit gegevens van „normale" jaren).



Profielbeschrijving van een grond binnen eenheid 109:

A1	0– 27 cm	zwarte tot zeer donker bruine (10YR2/1,5), humeuze, zwak lemige, homogene bovengrond
A2	27– 36 cm	donker grijsbruine (7,5YR3/1–2/1), loodzandlaag, veel witte zandkorrels, humeus en zwak lemig
B2h	36– 46 cm	bovenkant der humusinspoelingslaag, zwart tot donker roodbruin (5YR2/1,5), humeus en lemig zand, matig kazig
B22	46– 58 cm	donker roodbruin (5YR2/4), matig humeus, sterk lemig zand
B3	58– 78 cm	donkerbruin tot donker geelbruin (7,5YR3/4–10YR4/4), humusarm, zwak lemig zand
C	78– 93 cm	licht geelbruin (2,5Y6/4), humus- en leemarm zand
DG	93–120 cm	licht olijfgrijze (5Y6/2) keileem, met roestvlekken

Analysegegevens van monsters uit deze grond

Diepte in cm	*pH (KCl)*	*% humus*	*in % van de minerale delen*						*C/N*
			< 16	*16–50*	*50–75*	*75–105*	*105–150*	*> 150*	
0–27	4,5	5,8	8,3	8,3	10,8	8,3	13.6	50,7	17,6
27–36	4,3	4,2	5,7	9,1	11,3	7,5	13,4	54	27
36–46	4,0	6,9	5,3	12,7	12,0	7,6	12,3	50,1	34
46–58	4,0	3,7	4,9	17,0	14,1	7,6	10,7	45,7	33
58–78	4,3	1,0	3,9	14,0	14,9	7,9	11,4	47,9	
78–93	4,6	0,3	4,0	3,9	6,2	10,9	18,5	56,5	

De gronden zijn uitsluitend als grasland in gebruik en behoren tot de meest produktieve graslanden. De ondiepe keileemondergrond en de genoemde storende lagen kunnen bezwaren opleveren.

Kaarteenheid 110: Middelhoge podzolen in zeer arm sterk lemig fijn zand
Oppervlakte: ca. 200 ha.

Deze gronden vertonen veel overeenkomst met die van kaarteenheid 109. Door het nog hogere leemgehalte en de grotere fijnheid der zandkorrels is de fluctuatie van het grondwater nog iets groter en sneller. De ontwikkeling der humuspodzolen is minder diep en de kleuring is minder intensief. De gronden doen iets milder aan. De bovenkant van de B-horizont is meestal flink kazig. Het zijn door de praktijk hoog gewaardeerde gronden, die als grasland uitstekend voldoen maar als bouwland door het verslempen bezwaren kunnen opleveren. Hoewel men deze sterk lemige gronden in het gehele zandgebied aantreft, komen ze slechts op enkele plaatsen in een karteerbare oppervlakte voor.

Kaarteenheid 111: Middelhoge podzolen in verweringsmateriaal van keileem
Oppervlakte: ca. 1 500 ha.

Deze gronden komen alleen voor in Gaasterland. De podzolen hebben zich hier in verweringsmateriaal van keileem ontwikkeld. Soms is dit materiaal met dekzand vermengd. In het algemeen betreft het de gronden op de keileemruggen, die als een gordel om Gaasterland liggen en op de keileemrug van Warns. Meestal zijn het oude cultuurgronden met een matig dik cultuurdek dat met toevoeging j is aangegeven. Dit dek is steeds sterk lemig en soms lutumrijk. Meestal zijn in het dek duidelijke gleyverschijnselen waar te nemen in de vorm van roestige en grijze vlekken. De

keileemondergrond is meestal ondieper dan 100 cm aanwezig. Deze gronden hebben spoedig wateroverlast. Daarom is het bijzonder gunstig dat zij topografisch hoog liggen. Plaatselijk komen cultuurdekken voor die dikker zijn dan 50 cm. De gronden worden uitsluitend als grasland gebruikt. Typisch voor Gaasterland is het voorkomen van *bruine* cultuurdekken (toevoeging k). De bruine kleur is mogelijk het gevolg van ophoging met plaggenmest, waarvan de humus een betere kwaliteit had dan die van de plaggenmest in de Friese Wouden.

Profielbeschrijving van een grond binnen kaarteenheid 111:

Aang	0– 35 cm	zwarte (10YR2,5/1,5), humeuze, sterk lemige, fijn zandige bovengrond. Sterk beïnvloed door de menselijke activiteiten
A2	35– 38 cm	restant van A2-horizont, bruin (7,5YR5/2), met nogal veel witte korrels
B2	38– 51 cm	donker roodbruin (5YR3/2), humusarm, zwak lemig, fijn zand met vuurstenen
B3	51– 57 cm	donker geelbruin, humusarm, zwak lemig zand met vuurstenen
D	57–120 cm	grijze keileem, licht olijfgrijs, humusarm met roestvlekken.

Analysegegevens van monsters uit deze grond

Diepte in cm	*pH (KCl)*	*% humus*	*in % van de minerale delen*							*C/N*
			< 2	*2–16*	*16–50*	*50–105*	*105–150*	*150–210*	*> 210*	
5–15	5,3	4,1	4,5	3	11	14	17	29	23	23
23–35	5,4	3,7	1,5	2	10	16	23	25	22	22
50–57	5,4	2,0	2,0	2	5	13	19	22	37	
65–85	5,2	0,4	0,4	9	7	12	13	16	27	

Kaarteenheid 114: Hoge oude bouwlanden in zeer arm zwak lemig, soms niet lemig, fijn zand
Oppervlakte: ca. 300 ha.

Met deze kaarteenheid zijn de esgronden weergegeven. Dit zijn oude-bouwlandgronden die door een eeuwenlange bemesting met plaggenmest uit de potstallen systematisch zijn opgehoogd. In Friesland is de oppervlakte gering, doch de dikte van de dekken bedraagt 70 à 80 cm. Op de kaart komen alleen de essen of enken voor bij Oosterwolde en Tronde. De andere waren te klein om op de kaart weer te geven, zoals de es bij Eestrum en Oud Appelscha. Zoals vermeld zijn de esgronden van Gaasterland, Warns en Koudum gekarteerd in eenheid 111. Opgemerkt werd dat vrij veel podzolen in keileemverweringsmateriaal een mestdek hebben dat dikker is dan 50 cm. Tevens komen er bruine mestdekken voor, o.a. bij Sondel en Oudemirdum.

Bij onderzoek blijkt, dat de C/N-verhouding van de bruine esdekken kleiner is dan van de zwarte. Volgens onderzoek uit Overijssel 13 à 16 resp. 18 à 22. Onder het mestdek is het podzolprofiel meestal nog geheel ongestoord aanwezig. Hoogstens is de A-horizont bij de eerste bewerkingen in het dek opgenomen. De oude bouwlanden liggen meestal op hoge delen — ruggen of koppen — van het terrein. Ze vormen vaak een markant beeld in het landschap door hun ligging en habitus.

Profielbeschrijving van een grond binnen kaarteenheid 114:

Aan	0– 65 cm	homogeen esdek; zeer donker grijs (10YR3/1), humeus, zwak lemig, fijn zand
A2	65– 71 cm	donker grijsbruin (10YR4/2), humusarm, zwak lemig fijn zand, loodzandlaag
B2	71– 90 cm	donker geelbruin, (10YR3,5/4), humusarm, zwak lemig, fijn zand
B3	90–140 cm	geelbruin (10YR5/6), humusarm fijn zand
C	140 cm–	licht geelbruin (10YR6/4), fijn zand

Analysegegevens van monsters uit deze grond

Diepte in cm	*pH (KCl)*	*% humus*	*in % van de minerale delen*							*C/N*
			< 2	*2–16*	*16–50*	*50–105*	*105–150*	*150–210*	*> 210*	
15–25	4,7	3,4	3,5	2,5	11	16	20	24	24	23
40–50	4,6	2,7	2	1,5	11	18	22	23	23	20
90–100	4,3	0,9	1	1	5	18	24	25	26	

Kaarteenheden 116 en 118: Hoge podzolen in zeer arm niet lemig en zwak lemig fijn zand
Oppervlakte: resp. ca. 7 100 en 15 300 ha.

We hebben hier te maken met de hoge ruggen van de Oudere en Jongere dekzanden in de Friese Wouden en de kernen van Gaasterland, en het zandgebied bij St. Nicolaasga. De gronden hebben hun hoge ligging gemeen en ondervinden weinig invloed van grondwater. Het verschil tussen de eenheden 116 en 118 vindt men in de samenstelling van het moedermateriaal, waarin de podzolen zijn ontwikkeld. Het dekzand van eenheid 116 is in het algemeen *leemarm* en matig fijn, dat van 118 *zwak lemig* fijn en matig fijn. De keileemondergrond bevindt zich steeds dieper dan 125 cm beneden het maaiveld.
De bovengrond van deze hoge podzolgronden is meestal „schraal". De dikte varieert nogal, er komen zowel dunne (< 30 cm) als matig dikke (30–50 cm) bovengronden voor. De matig dikke zijn zowel afkomstig van een vroegere plaggenbemesting als van de ontginningsactiviteiten na de verveningen. Uiteraard genieten de matig dikke dekken op deze hoge gronden de voorkeur, omdat het gewas voor een groot deel van het groeiseizoen aangewezen is op het vocht dat de bodem kan vasthouden. De podzolontwikkeling is meestal niet diep doorgegaan. In de Jongere dekzanden is de podzolering het sterkst. In vele gevallen is de B-horizont van de hoge humuspodzolen enigszins verkit. In de hoogste situaties is het materiaal uit de B-laag niet kazig. De overgang naar de middelhoge podzolen gaat gepaard met een geringe mate van kazigheid in de bovenkant van de B-laag.
Profielbeschrijving van een grond binnen kaarteenheid 118:

A1	0– 30 cm	zeer donker grijze (10YR3/1), matig humeuze, sterk lemige, fijnzandige bovengrond
A2	30– 37 cm	loodzandlaag, donkergrijs met veel witte korrels, humusarm en zwak lemig, fijn zand
B2h	37– 40 cm	humusinspoelingszone, zwart (5YR2/1), zwak lemig, fijn zand, niet kazig
B22	40– 48 cm	donker roodbruin (5YR2/4), humeus, zwak lemig, fijn zand
B3	48– 59 cm	licht geelbruin (10YR/2,5Y6/4), zwak lemig, fijn zand
C	59–120 cm	fletsgeel fijn zand.

Analysegegevens van monsters uit deze grond

Diepte in cm	*pH (KCl)*	*% humus*	*in % van de minerale delen*						
			< 16	*16–50*	*50–75*	*75–105*	*105–150*	*150–210*	*> 210*
0– 30	4,2	4,8	9,8	7,9	7,5	7,0	12,6	25,3	29,7
30– 37	4,2	2,6	4,9	9,4	9,2	7,1	12,7	28,5	28,2
40– 48	4,1	5,6	4,9	9,0	9,0	7,5	13,6	28,6	27,4
48– 59	4,2	1,7	3,2	5,5	8,2	7,8	14,5	31,2	29,6
59–120	4,5	0,2	2,4	2,8	2,9	5,5	13,2	36,8	37.4

Op deze gronden komt hier en daar nog bouwland voor. De meeste liggen in grasland. Het gevaar van verdroging wordt grotendeels of geheel gecompenseerd door de gemakkelijke mechaniseerbaarheid en het lange weideseizoen,

dat op deze gronden mogelijk is. De droogteschade wordt in vele gevallen tenietgedaan door een verhoogde kunstmestgift.

Kaarteenheid 124: Hoge humusarme zandgronden
Oppervlakte: ca. 700 ha.

Deze kaarteenheid geeft de recente stuifzanden weer, die te herkennen zijn aan het ontbreken van een humuspodzol. Hoogstens is er sprake van een geringe A1-vorming. Kenmerkend is het voorkomen van humeuze bandjes die een restant kunnen zijn van een vroeger oppervlak. Ook is de pakking van de stuifzanden „losser" dan van de dekzanden, tevens is het zand zeer goed gesorteerd. Het stuifzand is namelijk ontstaan uit dekzand. Door het steeds in beweging zijn is de fijne fractie bijna geheel verdwenen. We vinden de stuifzanden op verscheidene plaatsen in het zandgebied. Alleen de grote complexen nog woest of in bos gelegen gronden bij Bakkeveen en Appelscha zijn op de kaart weergegeven.
Soms is in de ondergrond een fossiele humuspodzol aanwezig.

Enige analysegegevens van stuifzandgrond

Diepte in cm	*pH (KCl)*	*% humus*	*in % van de minerale delen*						
			< 2	*2–16*	*16–50*	*50–105*	*105–150*	*150–210*	*> 210*
60–75	4,6	0,6	1	1	1,5	15	33	32	16

Kaarteenheid 129: Associatie van lage en middelhoge duinzandgronden
Oppervlakte: ca. 4 000 ha.

Dit zijn de lage duinpannen en de middelhoge duinzandgronden en strandvlaktes die alleen op de Waddeneilanden voorkomen. Deze gronden zijn kalkarm. De lage delen ondergaan een duidelijke invloed van het grondwater. De middelhoge in mindere mate. Door het ontbreken van bodemvorming van enige betekenis en door de geringe humositeit zijn de gronden spoedig droogtegevoelig. Waar de zeeinvloed de bovengrond met lutum verrijkte, of waar de mens een humeuze bovengrond aanbracht, is de landbouwkundige kwaliteit veel beter. In het algemeen zijn het gronden die te nat of meestal te droog zijn. Op Terschelling wordt in natte duinvalleien de cranberrycultuur uitgeoefend.

Kaarteenheid 130: Hoge humusarme duinzandgronden
Oppervlakte: ca. 8 300 ha.

Ook de gronden van deze eenheid komen alleen voor op de eilanden. Het zijn de hoge duinen waaruit de noordkant van de eilanden in hoofdzaak bestaat. Deze duinen zijn geheel vrij van grondwaterinvloed. Ze zijn niet in cultuur. Toch zijn ze zeer belangrijk als bescherming tegen de zee en voor de recreatie.
De jongste duinenrij bij de zeekust is nog kalkrijk. Dit is echter een zeer smalle zone. De meer binnenwaarts gelegen duinen zijn diep kalkarm. De bodemvorming heeft zich onder de arme begroeiing meestal beperkt tot een dunne A1. In de duinkommen, waar iets meer vocht beschikbaar is, komt onder een dunne A1 een begin van B-vorming voor.

Kaarteenheid 132: Associatie beekdalgronden
Oppervlakte: ca. 4 700 ha.

Deze kaarteenheid omvat de gronden van de beekdalen van de Draait ten noorden van Ureterp, de Boorne, de bovenstroom van de Tjonger en het middengedeelte van het Lindedal. Binnen deze associatie vinden we gronden, die op korte afstand een zeer grote variatie vertonen: broekveengronden naast lemige en niet lemige gleygronden; in hogere zandkoppen kunnen zelfs humuspodzolen voorkomen. In het algemeen hebben deze gronden een humusrijke tot venige A1, die door bijmenging van „beekleem" sterk lemig is. In het Draaitdal komt een overwegend matig dikke bovengrond voor van 30–50 cm als gevolg van de vroegere verveningen en de daarop volgende ontginningsactiviteiten. Opmerkelijk is, dat het matig dikke dek ook aanwezig is op het soms nog dikke veenpakket.
De gronden van deze eenheid vormen de overgang tussen de gleygronden (eenheid 102) en de venige beekdalgronden (eenheid 133). De aanwezigheid van keileem in de ondergrond werd niet aangegeven. In het algemeen zijn het natte graslanden, die spoedig last van vertrapping hebben.

Kaarteenheid 133: Associatie venige beekdalgronden
Oppervlakte: ca. 2 000 ha.

De gronden van deze eenheid bestaan grotendeels uit broekig en zeggeachtig veen met vaak wat houtresten. De bovengrond is doorgaans lutumhoudend en meestal ontstaan door de veraarding van het veenpakket. Plaatselijk is ook de invloed van bezanding aanwezig. In deze kaarteenheid komen tevens gleygronden voor met een dunne veenlaag, of venige bovengrond. Deze treft men aan in de vallei van de Tjonger en rondom het Bergumermeer; ze zijn alleen geschikt voor grasland. De exploitatie ondervindt veel hinder van wateroverlast en de geringe draagkracht. Bezanding en ontwatering geven hier goede resultaten.

Enige analysegegevens van een bovengrond

Diepte in cm	*pH (KCl)*	*% humus*	*in % van de minerale delen*						*C/N*
			< 2	*2–16*	*16–50*	*50–105*	*105–150*	*> 150*	
5–15	5,0	48,2	33	21,5	11,5	7	6	22,5	18

Kaarteenheid 134: Associatie van meerbodem- en vengronden
Oppervlakte: ca. 300 ha.

Het betreft hier gronden in de dobben en de gebieden die door afsnoering van de waterafvoer nat zijn geworden. Het materiaal in de dobben bestaat meestal uit zandige leem en sterk lemig zand met een vrij hoog gehalte aan organische stof. Deze organische stof kan primair door de begroeiing tijdens de sedimentatie alsmede secundair uit een bovengelegen veenpakket zijn ontstaan. In de dobben treffen we onder de A1 meestal een zeer sterk kazige laag aan, die ook wel als gliede is ontwikkeld. Hieronder bevindt zich een lage humuspodzol, die meestal vrij diep doorgaat.
De meerbodemgronden worden aangetroffen ten oosten van de Jongere-dekzandgordel (eenheden 103, 107 en 116), die de afvoer van het water sterk belemmerde. Vermoedelijk is de fijne fractie landinwaarts, op vochtige plaatsen tot afzetting gekomen. De meerbodemgronden hebben onder een zwarte sterk lemige A1 een leverkleurige zandige leemlaag, van variërende dikte. De humositeit loopt uiteen van venig tot humusarm. De gronden vertonen uiteraard grote overeenkomst met de sterk lemige zandgronden. De meerbodemgronden zijn voornamelijk in de omgeving van Drachten gekarteerd. Bij een goede ontwatering zijn het uitstekende graslandgronden.

Enige analysegegevens van een venige meerbodemgrond

Diepte in cm	*pH (KCl)*	*% humus*	*in % van de minerale delen*					
			< 2	*2–16*	*16–50*	*50–105*	*105–150*	*> 150*
50–65	4,3	22,5	8	10	57	18	2,5	3,7

De verbreiding vooral van de dobben is in de Friese Wouden vrij algemeen. Door de geringe oppervlakte konden ze niet in kaart worden gebracht. Dit geldt ook voor de kleinere complexen meerbodemgronden.

IV DE ALGEMENE ONDERSCHEIDINGEN

Kaarteenheid 153: Gebroken gronden
Oppervlakte: ca. 4 300 ha.

Waar de zeeklei grenst aan de pleistocene zandgronden zijn de gebroken gronden ontstaan. Het lutumrijke dek is meer of minder intensief vermengd geraakt met het onderliggende zand, waardoor soms de podzol geheel of gedeeltelijk is verdwenen. Meestal is de menging minder hevig geschied. Zij wordt veroorzaakt door biologische activiteiten, vooral door die van mollen en wormen. Ook is veel zand in de bovenlaag afkomstig uit de kavelsloten van de hoger gelegen koppen.
De zwaarte en dikte van de kleilaag zijn zeer verschillend, en de begrenzing uiterst grillig. Hierbij is de topografie van het vroegere oppervlak van grote betekenis geweest, alsmede de latere zandbijmenging.
Gaat het lutumhoudende dek over in klei en zware klei dan heeft het meestal ook knippige eigenschappen. Het gebruik van deze gronden is uiterst afhankelijk van een goede waterhuishouding. In droge perioden treedt verdroging op en bij overvloedige neerslag is de draagkracht spoedig te gering. De gebroken gronden zijn vaak berucht om hun zeer grove en dichte structuurelementen, de zg. *betonstructuur*. De oorzaak hiervan is dat er twee totaal verschillende sedimenten — klei en zand (pleistoceen) — zijn vermengd. Afhankelijk van de zwaarte en de geaardheid van de klei zal de structuur der gebroken gronden meer of minder „betonachtig" zijn. De licht gebroken gronden — met een geringe bijmenging van lutum — worden door de praktijk hoog gewaardeerd. De gronden zijn alle als grasland in gebruik.
Profielbeschrijving van een gebroken grond:

A1g	0– 22 cm	zeer donker bruine tot grijsbruine (10YR2,5/2), humeuze, lutumrijke bovengrond, met duidelijke roestvlekken, goed beworteld. De structuur is een samengesteld ruw prisma
ACg	22– 30 cm	zeer donker grijze (10YR3/1), humeuze, lutumrijke overgangslaag, met weinig duidelijke roestvlekken, goed beworteld. Vertoont reeds zandbijmenging vanuit de ondergrond.
Cg	30– 37 cm	overgangslaagje tussen het lutumrijke dek en de zandondergrond
B2b	37– 46 cm	donkerbruin, matig humeus, zwak lemig, fijn zand
B3b	46– 95 cm	donker geelbruin, humusarm en leemarm, matig fijn zand
Cb	95–120 cm	olijfbruin, leemarm fijn zand.

Analysegegevens van deze grond

Diepte in cm	*pH (KCl)*	*% humus*	*in % van de minerale delen*					
			< 2	*2–16*	*16–50*	*50–105*	*105–150*	*> 150*
5–20	4,6	7,4	10	5	8	14	26	38
22–30	4,5	6,2	12	4,5	5	15	27	37
50–70	4,8	0,7	1	0,4	3,5	20	25	49

Kaarteenheid 155: Complex door de mens verstoorde gronden
Oppervlakte: ca. 1 100 ha.

Deze kaarteenheid is alleen bij de kleigronden onderscheiden, en komt voor tussen Harlingen en Dronrijp. Het profiel van deze gronden is door de mens verstoord i.v.m. kleiwinning. Afhankelijk van de te stellen eisen aan de stenen, bijv. rood of geel gekleurd, heeft men resp. kalkarme of kalkrijke klei weggegraven. De gronden van deze eenheid zijn te zamen beschreven met de gronden van de eenheid 44 (zie pag. 107).

Kaarteenheid 156: Complex opgespoten gronden
Oppervlakte: < 100 ha.

Ten zuiden van Buitenpost komt een terrein voor, dat gebruikt wordt als baggerstortplaats. De heterogeniteit van het materiaal laat zich moeilijk beschrijven en is tevens afhankelijk van het stadium der werkzaamheden. De overige stortterreinen waren te klein om op de kaart weer te geven.

LIJST VAN FIGUREN

Fig.		pag.
1	Hoogtekaart van Friesland, behoudens de buitendijkse gebieden	2
2	Vóór de Rissijstijd stroomden de Rijn en de Maas via noord-Nederland naar zee	4
3	Van nature horizontaal gelaagde sedimenten, kregen door de stuwing van het ijs gedurende de Risstijd een nagenoeg verticale gelaagdheid	5
4	De grens van de ijsbedekking in de laatste twee fasen van de Rissijstijd, in noord-Nederland	7
5	De verbreiding van keileem en potklei, ondieper dan 125 cm beneden maaiveld	8
6	Het transport en de sedimentatie van sneeuw bij harde wind, geeft een idee van de zandverstuivingen in het Laat-Glaciaal	9
7	Door kryoturbatie verwrongen profiellagen	10
8	Perceelsgrenzen, gemarkeerd door begroeiing met hout	14
9	Dwarsprofiel door het erosiedal van de Boorne	15
10	Gordel van Jonger dekzand tussen de Friese Wouden en het Lage Midden	16
11	Doorsnede van een dobbe (het Siegerswoudstermeer)	18
12	Doorsnede van een pingo	18
13	Hoge podzolgrond in Jonger dekzand. Op ca. 80 cm — mv. bevindt zich een oude oppervlakte-horizont: de Laag van Usselo	22
14	Schematische voorstelling van de bedekking van een dekzandgebied door veengroei	24
15	Stuifzandgebied bij Appelscha	26
16	Profiel van de opgraving Duurswoude Oud Leger	28
17	Overzicht van de ontginningsbovengronden in de Friese zandgebieden	30
18	Een uit 1661 daterende potstal te Duurswoude	31
19	Es of enk	32
20	Schematische voorstelling van de karakteristieke hoeven langs de bovenloop van de Boorne, naar gegevens uit de 17e en 18e eeuw	33
21	Schema van de mogelijke opbouw van twee veenkoloniale plaatsen	34
22	De vervening „in-den-droge" bij Fochteloo	35
23	Schematisch weergegeven ligging van oude bouwlanden en jonge ontginningen rond Ureterp en Siegerswoude	36
24	Merenkaartje	41
25	Het Lage Midden	43
26	Scherven uit de eerste eeuw na Chr., gevonden in een kleilaag op veen tussen Flansum en Irnsum	44
27	Gebied ten oosten van Warstiens, waar op dezelfde plaats verschillende greppelsystemen over elkaar voorkomen	45
28	Petgaten, overgebleven na de vervening	46
29	Petgatengebied (Driesenpolder) ten zuiden van Wolvega	47
30	Schematische voorstelling van het ontstaan van een trekgat met zetwallen	48
31	Gebieden waar veen aan de oppervlakte ligt of door een kleilaag, dunner dan 40 cm, is afgedekt, of waar het veen als gevolg van de verveningen is afgegraven	49
32	Schematische voorstelling van het schalterverschijnsel	50
33	Wanneer de boezem buiten zijn oevers treedt! Hoog water in het Lage Midden	52

Fig.		pag.
34	Gemiddelde grondwaterstand van 10 jaren in een dunne klei-op-veengrond	53
35	De hoge grondwaterstanden in natte zomers brengen de boer in grote moeilijkheden	54
36	De afzetting van kleigronden vindt nog steeds plaats	56
37	Een van de vele terpen in het kleigebied	60
38	Erosiegeulen in het knipkleigebied tussen Tzum, Waaxens en Wommels	63
39	Schematische doorsnede van het Boornegebied tussen Rauwerd en Oosterwierum	65
40	Het verschil tussen door afgravingen en door erosie ontstane reliëfs	66
41	Schematische voorstelling van de niveau-indeling in de legenda	68
42	Gedetailleerde opname van een beekdalassociatie in de Friese Wouden	73
43	Gedetailleerde weergaven van twee complexe kaarteenheden van de Bodemkaart	74
44	Indeling en benaming van humusklassen naar de ligging van het 2 mu-punt	75
45	Horizonten en hun benaming in een schematisch profiel van een zandgrond met keileem in de ondergrond	79
46	Verband tussen het verloop van het watergehalte in slib en de tijd	85
47	Schematische doorsnede van een jonge polder, die van buiten naar binnen zwaarder wordt	91
48	Jonge, buitendijkse zeekleigronden in het Noorderleeg	93
49	Profiel van een lichte zavelgrond van kaarteenheid 19 bij Sexbierum	96
50	Profiel van een knipkleigrond ten noorden van Bolsward	103
51	Het schalterverschijnsel in ernstige vorm	110
52	Grondwaterstanden van 14 jaren in een humuspodzolgrond met een keileemondergrond ondieper dan 80 cm beneden maaiveld	119

LITERATUUR

ANDEL, TJ. VAN	1949	Pollenanalytische datering van een holocene transgressie in Noord-west Friesland. *Geol. en Mijnb. 11, 171–173.*
ANDERSEN, SV. TH., HL. DE VRIES & W. H. ZAGWIJN	1960	Climatic change and radiocarbon dating in the Weichselian Glacial of Denmark and the Netherlands. *Geol. en Mijnb. vol. 39, 38–42.*
BAKKER, J. P.	1949	Morfologisch onderzoek van Barradeel en zijn betekenis voor het inzicht in de subatlantische transgressie en het verspreidingsbeeld der terpen. Akademiedagen, deel 2, 121–143. *Amsterdam.*
BAKKER, J. P.	1954	Relative sea-level changes in Northwest Friesland (Netherlands) since pre-historic times. *Geol. en Mijnb. N.S. 16, 232–246.*
BAKKER, J. P.	1958	The significance of physical geography and pedology for historical geography in the Netherlands. *Tijdschr. voor Econ. en Soc. Geogr. 49, no. 10 en 11, 214–226.*
BAKKER, J. P. & J. J. WENSINK	1955	Overzicht van de holocene reliëfgeneraties en sedimentopvolging in Barradeel. Rapport betreffende het onderzoek van het Lânskipgenetysk Wurkforbân van de Fryske Akademy, 11–42. *Drachten.*
BENNEMA, J.	1954	Bodem- en zeespiegelbewegingen in het Nederlandse kustgebied. *Diss. Wageningen.* Boor en Spade 7, 1–96. *Wageningen.*
BOELES, P. C. J. A.	1951	Friesland tot de elfde eeuw. Zijn vóór en vroege geschiedenis. 2e druk. *'s-Gravenhage.*
BOHMERS, A. & P. HOUTSMA	1961	De praehistorie. In: Boven-Boorngebied, Fryske Akademy, *Drachten.* 126–151.
BROUWER, A.	1949	Pollenanalytisch en Geologisch onderzoek van het Onder- en Midden Pleistoceen van Noord-Nederland. *Leidse Geol. Med. deel XIVb,* 258–346.
BURCK, H. D. M., e.a.	1956	Geologische geschiedenis van Nederland; toelichting bij de Geologische overzichtskaart van Nederland op de schaal 1: 200 000. *'s-Gravenhage.*
BURCK, P. DU, P. J. ENTE & L. J. PONS	1956	De bodemgesteldheid in het tuinbouwgebied van oostelijk West-Friesland. Boor en Spade 7, 150–158. *Wageningen.*
BUYTENEN, M. P. VAN	1944	„De Leppa". Een rechts-historische-waterstaatkundige bijdrage. *Dokkum.*
CNOSSEN, J.	1958	Enige opmerkingen omtrent het ontstaan van het Beneden-Boornegebied en de Middelzee in verband met de subatlantische transgressie. Boor en Spade 9, 24–38. *Wageningen.*
CNOSSEN, J.	1961	De bodem van het Boven-Boornegebied. In: Boven-Boorngebied, Fryske Akademy, *Drachten,* 95–116.
CNOSSEN, J.	1969	De bodem van Wonseradeel. In: Geakunde Wunseradiel. *Boalsert.*
CNOSSEN, J. & W. HEIJINK	1958	Enkele opmerkingen omtrent de bodemgesteldheid van de zandgronden in een deel van Noordoost-Friesland. Boor en Spade 9, 156–172. *Wageningen.*
CNOSSEN, J. & W. HEIJINK	1965	Het Jongere dekzand en zijn invloed op het ontstaan van de Veenkoloniën in de Friese Wouden. Boor en Spade 14, 42–61. *Wageningen.*
CNOSSEN, J. & J. G. ZANDSTRA	1965	De oudste Boorneloop in Friesland en veen uit de Paudorftijd nabij Heerenveen. Boor en Spade 14, 62–87. *Wageningen.*
DIEPEN, D. VAN	1957	De gloeimethode als vorm van ijzeronderzoek bij de profielstudie van zandgronden. Boor en Spade 8, 160–173. *Wageningen.*
DUIN, R. H. C. VAN & C. VAN WIJK	1965	De verkaveling van de Gronings-Drenthse Veenkoloniën. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding. Mededeling 88.
EDELMAN, C. H.	1954	Over de plaatsnamen met het bestanddeel woud en hun betrekking tot de bodemgesteldheid. Boor en Spade 7, 197–216. *Wageningen.*

ELZINGA, G. 1962 Nieuwsbulletin Kon. Ned. Oudheidk. Bond, 6e s., jrg. 15, afl. 10, kol. 205.

ELZINGA, G. 1964 Nieuwsbulletin Kon. Ned. Oudheidk. Bond. 6e s., jrg. 17, afl. 10, kol. 254–256.

ELZINGA, G. 1965 Nieuwsbulletin Kon. Ned. Oudheidk. Bond. 6e s., jrg. 18, afl. 5, pag. 61.

ENCYCLOPEDIE VAN FRIESLAND 1958 Uitgegeven onder auspiciën van de Fryske Akademy. *Amsterdam.*

FLORSCHÜTZ, F. 1941 Palaeobotanische bijdrage tot de oplossing van het schalter-probleem der Friese weiden. *Tijdschr. Ned. Heidemaatschappij 53, 419–426.*

GIFFEN, A. E. VAN 1936 Die Siedlungen in den Warfen Hollands, besonders in dem Dorfwarf Ezinge. *Forschungen und Fortschritte, 12. Jahrgang nr. 15, 20. Mai,* 189–191.

GLOPPER, R. J. DE 1958 Over de eisen te stellen aan het bodemprofiel van aan te winnen gronden langs de Fries-Groningse noordkust. Rijkswaterstaat, Directie Landaanwinning (*stencil*).

HAANS, J. C. F. M. 1953 Enkele bodemkundige aspecten van het veengebied in het Land van Vollenhove. Boor en Spade 6, 84–94. *Wageningen.*

HALBERTSMA, H. 1955 Enkele oudheidkundige aantekeningen over het ontstaan en de toeslijking van de Middelzee. *Tijdschr. Kon. Ned. Aard. Gen. 72, 93–105.*

HALBERTSMA, H. 1963 Terpen tussen Vlie en Eems; een geografisch-historische benadering. *Groningen.*

HAMMEN, TH. VAN DER 1951 Late-glacial flora and peri-glacial phenomena in the Netherlands. *Leiden. Diss. Leiden.*

HAMMING, C., M. KNIBBE & G. C. MAARLEVELD 1965 Afzettingen van de IJssel, nabij Zwolle. Boor en Spade 14, 88–103. *Wageningen.*

HARMSEN, G. W. 1954 Observations on the formation and oxidation of pyrite in the soil. *Plant and soil. 5, 324–348.*

HEIJINK, W. 1960 De bodemgesteldheid van het ruilverkavelingsgebied „Gaasterland". Rapport Stichting voor Bodemkartering nr. 532.

HOEKSEMA, K. J. 1953 De natuurlijke homogenisatie van het bodemprofiel in Nederland. Boor en Spade 6, 24–30. *Wageningen.*

HOL, J. B. L. 1948 Geomorfologie. Handboek der Geografie van Nederland. *Deel 1, 240–319.*

HIJSZELER, C. C. W. J. 1947 De oudheidkundige opgravingen in Twente in de laatste jaren. In: Een kwart eeuw oudheidkundig bodemonderzoek in Nederland. Gedenkboek A. E. van Giffen, *327–349.*

JELGERSMA, S. 1961 Holocene sea level changes in the Netherlands. *Meded. Geol. Stichting, Serie C-VI-No. 7, 1–101. Diss. Maastricht.*

JONGERIUS, A. 1957 Morfologische onderzoekingen over de bodemstructuur. *'s-Gravenhage. Versl. Landbouwk. Onderz. 63.12. Serie Bodemkundige Studies 2. Diss. Wageningen.*

KLEY, K. VAN DER & W. DE VRIES 1941 Gidsgesteenten van het noordelijk Dilivium. *Meppel.*

LIJN, P. VAN DER 1958 Het keienboek. 4e druk. *Zutphen.*

MAARLEVELD, G. C. 1953 Standen van het landijs in Nederland. Boor en Spade 6, 95–105. *Wageningen.*

MAARLEVELD, G. C. 1956 Grindhoudende midden-pleistocene sedimenten. *Diss. Utrecht.* Ook: *Meded. Geol. Stichting Serie C-VI, no. 6, en Bodemkundige Studies 1.*

MAARLEVELD, G. C. 1960 Glacial deposits in the Netherlands transformed under periglacial conditions. *Biuletijn Peryglacjalny, no. 8, 13–20. Lødz.*

MAARLEVELD, G. C. 1960a Wind directions and cover sands in the Netherlands. *Biuletijn Peryglacjalny, no. 8, 49–58. Lødz.*

MAARLEVELD, G. C. 1965 Frost mounds; a summary of the literature of the past decade. *Meded. van de Geol. Stichting, N.S. nr. 17, 7–20.*

MAARLEVELD, G. C. & R. P. H. P. VAN DER SCHANS 1961 De dekzandmorfologie van de Gelderse Vallei. *Tijdschr. Kon. Ned. Aard. Gen. 78 (1) 22–34.*

MAARLEVELD, G. C. & J. C. VAN DEN TOORN 1955 Pseudo-sölle in Noord-Nederland. *Tijdschr. Kon. Ned. Aard. Gen. Deel LXXII, no. 4, 344–360.* Ook in: Boven-Boorngebied, Fryske Akademy, *Drachten*, 1961. 71–94.

MOLEN, W. H. VAN DER 1957 The exchangeable cations in soils flooded with sea water. *'s-Gravenhage. De inundaties gedurende 1944–1945 en hun gevolgen voor de landbouw, deel 9. Versl. Landbouwk. Onderz. nr. 63.17.*

MÜLLER, F. 1959 Beobachtungen über Pingo's; Detailuntersuchungen in Ostgrönland und in der kanadischen Arktis.

MÜLLER, W. 1954 Untersuchungen über die Bildung und die Eigenschaften von Knickschichten in Marschböden. *Diss. Giessen.*

PONS, L. J. & A. J. WIGGERS 1959 De holocene wordingsgeschiedenis van Noordholland en het Zuiderzeegebied. *Deel I. Tijdschr. Kon. Ned. Aard. Gen., 76, 104–152.*

PONS, L. J. & A. J. WIGGERS 1960 De holocene wordingsgeschiedenis van Noordholland en het Zuiderzeegebied. *Deel II. Tijdschr. Kon. Ned. Aard. Gen., 77, 3–57.*

POPPING, H. J. 1933 Voorhistorische vondsten in het Kuinderdal tussen Oosterwolde en Donkerbroek. *Oosterwolde.*

RIENKS, K. & G. L. WALTHER 1954 Binnendiken en Slieperdiken yn Fryslân. *Bolswert.*

SANTEMA, O. 1955 Delsettings yn it Wyldlân ûnder Grou. *It Beaken 17, 49–58.*

SANTEMA, O. 1955 De terpkes tusken Langdeel en Oeble-om-sleat yn Idaerderadiel. *It Beaken 17, 232–234.*

SCHANS, R. P. H. P. VAN DER & J. J. VLEESHOUWER 1957 De bodemgesteldheid van het ruilverkavelingsobject Garijp-Wartena. Intern rapport no. 459, Stichting voor Bodemkartering, *Wageningen.*

SOIL SURVEY STAFF 1951 Soil Survey Manual. *Washington. U.S. Dept. of Agriculture. Handbook nr. 18.*

SPAHR VAN DER HOEK, J. J. 1961 Verdeling van het landschap. In: Boven-Boorngebied, Fryske Akademy, *Drachten.* 170–196.

SPAHR VAN DER HOEK, J. J. 1965 Boeren, burgers en buitenlui. *Diss. Groningen.*

SPEK, J. VAN DER 1950 Katteklei. 's-Gravenhage. *Versl. Landbouwk. Onderz. nr. 56.2.*

STICHTING VOOR BODEMKARTERING 1965 De bodem van Nederland; toelichting bij de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000, *Wageningen.*

VEENENBOS, J. S. 1949 De bodemkartering van de Friese knipgronden. Boor en Spade 3, 76–86. *Wageningen.*

VEENENBOS, J. S. 1950 De bodemgesteldheid van het gebied tussen Lemmer en Blokzijl in het randgebied van de Noordoostpolder. 's-Gravenhage. *Versl. Landbouwk. Onderz. nr. 55.12. Serie: De Bodemkartering van Nederland, deel 5. Diss. Wageningen.*

VEENENBOS, J. S. 1952 De bodem van Friesland. Friesland toen, nu en straks. 7–11. *Leeuwarden.*

VEENENBOS, J. S. 1953 Heterogenisatie van het bodemprofiel in Nederland. Boor en Spade 6, 7–24. *Wageningen.*

VEENENBOS, J. S. 1954 Het landschap van zuidoostelijk Friesland en zijn ontstaan. Boor en Spade 7, 111–136, *Wageningen.*

VEENENBOS, J. S. 1955 Gedanken zum Knickproblem. *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde, 68 (113). Band, Heft 2, 141–158.*

VERHOEVEN, B.	1953	Over de zout- en vochthuishouding van geinundeerde gronden. 's-Gravenhage. De inundaties gedurende 1944–1945 en hun gevolgen voor de landbouw, deel 4. *Versl. Landb. Onderz. 59.5.*
VINK, A. P. A.	1949	Bijdrage tot de kennis van loess en dekzanden in het bijzonder van de zuid-oostelijke Veluwe. *Wageningen. Diss. Wageningen.*
VINK, A. P. A. & E. J. VAN ZUILEN	1967	De geschiktheid van de bodem van Nederland voor akker- en weidebouw; toelichting bij de Zeer globale bodemgeschiktheidskaart voor akker- en weidebouw van Nederland, schaal 1 : 200 000. *Wageningen.*
VLEESHOUWER, J. J.	1958	Rapport betreffende de studiekartering „Westergo". Rapport Stichting voor Bodemkartering nr. 490.
WAARD, D. DE	1949	Glacigeen Pleistoceen. *Diss. Utrecht. Verh. Ned. Geol. Mijnb. Gen., Geol. Serie, 15. 70–222.*
WATERBOLK, H. T.	1954	De praehistorische mens en zijn milieu. *Assen.*
WEE, M. W. TER,	1962a	Verslag lezing „De genese van Gaasterland, gezien in het licht van de Riss-vergletschering van Nederland" voor het Lândskipgenetysk Wurkforbân 23 febr. 1962 te Leeuwarden.
WEE, M. W. TER,	1962b	The Saalien Glaciation in the Netherlands. *Meded. v. d. Geol. Stichting N.S. 15, 57–76.*
WIGGERS, A. J.	1950	Enige opmerkingen over de holocene geschiedenis van Groningen en Friesland. *Tijdschr. Kon. Ned. Aard. Gen. 67, 382–388. Amsterdam.*
WIGGERS, A. J.	1955	De wording van het Noordoostpoldergebied. *Diss. Amsterdam. Herdrukt in Van Zee tot Land 14. Zwolle.*
ZANDSTRA, J. G.	1959	Grindassociaties in het Pleistoceen van Noord-Nederland; een samenvatting van de voorlopige resultaten van grindonderzoek, in het bijzonder van het Onder- en Midden-Pleistoceen. *Geologie en Mijnbouw N.S. 21, 254–272.*
ZANDSTRA, J. G.	1962	Over het fijne morene gruis van Bisschopsberg en St. Nicolaasga en de betekenis der gefractioneerde analyse. *Grondboor en Hamer no. 2 (april) 47–54.*
ZEIST, W. VAN	1950	An investigation into the earlier vegetation of Central Friesland (the Netherlands). *Rec. Trav. Bot. Néerlandais 42, 28–40.*
ZEIST, W. VAN	1955	Pollen analytical investigations in the northern Netherlands; with special reference to archaeology. *Diss. Utrecht. Amsterdam.*
ZONNEVELD, I. S.	1956	Physical ripening of fresh-water-tidal sediments (in the Biesbosch). *VIe Congr. Intern. de la Science du Sol. Paris. Rapport B, 281–290.*
ZONNEVELD, J. I. S.	1958	Litho-stratigrafische eenheden in het Nederlandse Pleistoceen. *Meded. v. d. Geol. Stichting. N.S. 12, 31–64.*
ZUUR, A. J.	1954	Bodemkunde der Nederlandse bedijkingen en droogmakerijen; deel B; de hoofdsamenstelling en enkele andere z.g. chemische bestanddelen van de op het water gewonnen gronden. *Kampen.*
ZUUR, A. J.	1958	Bodemkunde der Nederlandse bedijkingen en droogmakerijen; deel C; Het watergehalte, de indroging en enkele daarmede samenhangende processen. *Kampen.*
ZUUR, A. J.	1961	Initiële bodemvorming bij mariene gronden. *Meded. van de Landbouwhogeschool en Opzoekingsstations van de Staat te Gent 26, 7–33.*