INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID

RAPPORT 12-1971

EEN BODEMVRUCHTBAARHEIDSONDERZOEK OP GRASLAND IN DE FRIESE WOUDEN 1955-1957

door
J. H. Pieters

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Oosterweg 92, HAREN-Gr, 1971

Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 12-1971

INHOUD

1. INLEIDING 5

2. BESCHRIJVING VAN HET GEBIED 7
2.1. De bodemkundige beschrijving 7
2.1.1. De belangrijkste vegetatieprofielen 9
2.1.1.1. Heidezandgronden 9
2.1.1.2. Woudzandgronden 13
2.1.1.3. Keileemgronden 15
2.1.1.4. Veengronden 16
2.1.2. Samenvatting 16
2.2. De waterhuishoudkundige beschrijving 18
2.3. De landbouwkundige beschrijving 20
2.3.1. Ontwikkeling 20
2.3.2. Huidige toestand 23

3. HET ONDERZOEK 32
3.1. Doelstelling 32
3.2. Opzet 33
3.3. De uitvoering van het onderzoek 36
3.4. De wiskundige bewerking der waarnemingsuitkomsten 43
3.4.1. De polyfactoranalyse 43
3.4.2. De numeriek-grafische methode 48
3.5. Beschouwing over de verrichte waarnemingen 48
3.5.1. De weersomstandigheden tijdens het onderzoek 48
3.5.2. De resultaten van het grondonderzoek 54
3.5.3. Het vaststellen van de opbrengst der proefplekken 59
3.6. Bespreking van de resultaten der polyfactoranalyse 63
3.6.1. De betrouwbaarheid der gevonden invloeden op de opbrengst 63
3.6.2. De invloed van het U-cijfer van het zand 66
3.6.3. De invloed van het slibgehalte van de grond 68
3.6.4. De invloed van het humusgehalte van de zode 69

3.6.5. De invloed van de dikte der humeuze bodemlaag 72
3.6.6. De invloed van de werkelijke keileemdiepte 74
3.6.7. De invloed van de kalitoestand van de grond 76
3.6.8. De invloed van de fosfaattoestand van de grond 80
3.6.9. De invloed van de zuurgraad van de grond 84
3.6.10. De invloed van de magnesiatoestand van de grond 87
3.6.11. De invloed van de gemiddelde grondwaterstand 90
3.6.12. De invloed van de grondwaterstandsfluctuatie 103
3.6.13. De invloed van de afstand van het perceel tot de boerderij 108

4. SAMENVATTING EN CONCLUSIES 111

5. LITERATUUR 120

1. INLEIDING

In de jaren 1955, 1956 en 1957 werd in de Friese Wouden een regionaal bodemvruchtbaarheidsonderzoek verricht op grasland met als doel het opsporen van de bodemfactoren die invloed uitoefenen op de hoogte der opbrengsten en zo mogelijk het bepalen van de grootte dezer invloeden. Tevens bood dit onderzoek de gelegenheid te komen tot een landbouwkundige beschrijving van het onderhavige gebied.

Daar vele van de in beschouwing te nemen factoren niet of slechts met grote moeite en kosten kunstmatig te variëren zijn - zoals structuur, profielopbouw en grondwaterstand - kon moeilijk worden uitgegaan van waarnemingen op speciaal voor dit doel aangelegde proefvelden. Het onderzoek werd derhalve opgezet volgens het principe van een zogenoemde proef zonder ingreep (FERRARI, 1960), waarbij van een aantal proefplekken, verspreid over het te onderzoeken gebied, gegevens worden verzameld die met behulp van een speciale bewerkingsmethode in verband worden gebracht met via schatting en meting verkregen opbengsten.

De proefplekken worden geselecteerd naar één of hoogstens enkele factoren, zodat de kans aanwezig is dat van de overige factoren de spreiding wordt beperkt. De steekproef die door de verzameling proefplekken wordt gevormd, zal daarom zo groot moeten zijn, dat deze in het gebied voorkomende spreiding in voldoende mate aanwezig is.

In 1955 zijn door de Stichting voor Bodemkartering 240 proefplekken uitgezocht aan de hand van de verschillende vegetatietypen en keileemdiepten. Hierbij is gebruik gemaakt van de indeling in bodemtypen die door VEENENBOS (1954) voor de Friese Wouden is ontworpen. Dit schema is grotendeels opgesteld aan de hand van de vegetatieprofielen, zoals deze zich in een natuurlijk landschap hebben ontwikkeld.

Bij de keuze van de bij dit onderzoek te betrekken profielen hebben wij ons beperkt tot de veel voorkomende zwak tot sterk lemige zandgronden met een keileemondergrond op wisselende diepte,

benevens enige veengronden. De slechts op enkele plaatsen aangetroffen niet lemige, matig-fijnzandige jonge dekzanden en de profielen met een dunne keileemlaag werden niet in het onderzoek betrokken.

In het volgende wordt verslag uitgebracht van het onderzoek en van de verwerking der gegevens die in de drie proefjaren werden verzameld.

De organisatie van het onderzoek met de technische verzorging van de proefplekken berustte bij de Afdeling Regionaal en Bedrijfsonderzoek van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid met adviserende medewerking van en in praktische samenwerking met de Stichting voor Bodemkartering, de Cultuurtechnische Dienst, het Rijkslandbouwconsulentschap Drachten en het voormalige C.I.L.O.

Voordat het onderzoek zelf ter sprake komt, zal een gebiedsbeschrijving worden gegeven op bodemkundige, waterstaatkundige en landbouwkundige grondslag.

2. BESCHRIJVING VAN HET GEBIED

Het in onderzoek genomen gebied vormt een onderdeel van de Friese Wouden, ter grootte van ca. 10.000 ha en gelegen binnen de vierhoek Beetsterzwaag-Siegerswoude-Surhuisterveen-Opeinde (fig. 1). Het gehele gebied van de Wouden, waarmee het oostelijk zandgebied van de provincie Friesland wordt aangeduid, beslaat een oppervlakte van 75.000 ha en kent een waterstaatkundig gemotiveerde onderverdeling in vier gebieden, t.w. van noord naar zuid: de noordelijke of Dokkumerwouden, Het Boorn-Draaitgebied, het Tjongergebied en het Lindegebied. De laatste drie gebieden te zamen worden wel met de historische naam "Zevenwouden" aangeduid.

2.1. De bodemkundige beschrijving

Het Friese-Woudengebied vormt een Pleistoceen dekzandlandschap met een zandafdekking van 0,5 tot meer dan 2 m dikte, rustend op een grondmorene van keileem ter dikte van ca. 1-10 m, die echter plaatselijk ontbreekt. Het gedeelte ten zuiden van de lijn Drachten-Surhuisterveen (de Zevenwouden) wordt getypeerd door een aantal noordoost-zuidwest gerichte ruggen die als uitlopers van het Drents Plateau Friesland insteken. De Pleistocene zandgronden van de Friese Wouden lopen naar het noordwesten af en verdwijnen tenslotte onder jongere Holocene lagen. Tussen de ruggen lopen afwateringsstroompjes zoals Boorne, Draait, Tjonger en Linde. Door de gebrekkige afwatering met gering verval heeft in de dalen tijdens het Holoceen op grote schaal veenvorming plaatsgevonden. De hoge oostelijke venen, die later grotendeels zijn afgegraven, vormden de grens met Groningen en Drenthe; de lage westelijke venen lopen uit in het merengebied van Zuidwest-Friesland.

Afhankelijk van hoogteligging en waterhuishouding hebben zich verschillende bodemprofielen, ontwikkeld, die samenhangen met de natuurlijke begroeiing. Deze bestond oorspronkelijk overal uit een

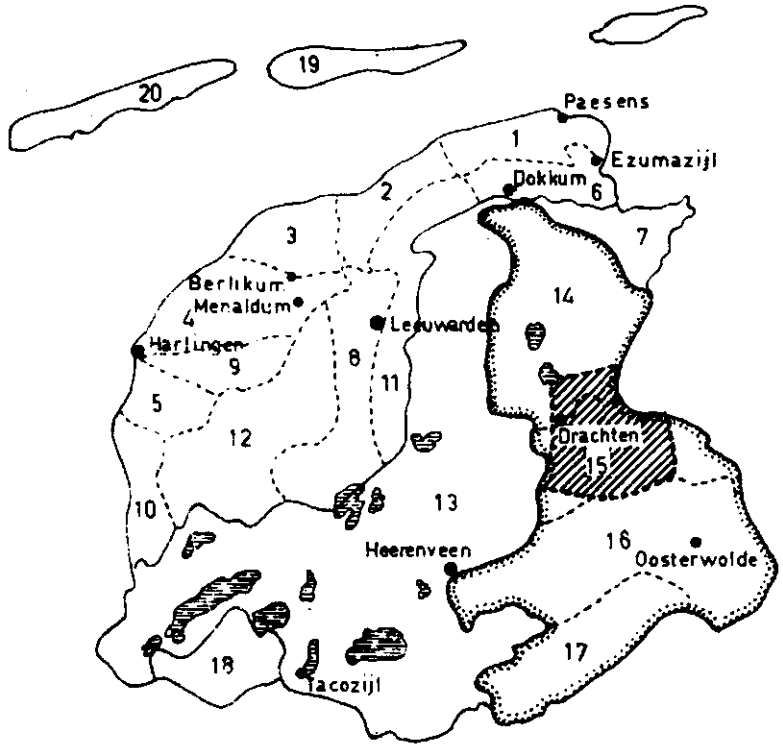


Fig.1.

Gebiedsindeling provincie Friesland voor C.O.L.N.-onderzoek.

1 Kleibouwlandgebied van de Dongeradelen
2 Kleibouwlandgebied van de Ferwerderadelen
3 Kleibouwlandgebied van Het Bildt
4 Noordwestelijk kleibouwlandgebied
5 Kleibouwlandgebied van Witmarsum
6 Kleiweidegebied van de Dongeradelen
7 Kleiweidegebied van Kollumerland
8 Kleiweidegebied Oude Middelzee
9 Kleiweidegebied van Franeker
10 Westelijk kleiweidegebied
11 Knipkleiweidegebied Oostergo
12 Knipkleiweidegebied Westergo
13 Lage Midden
14 Noordelijke Wouden
15 Boorn-Draait gebied
16 Tjonger-gebied
17 Linde-gebied
} Wouden
gebied streekonderzoek Friese Wouden I.B.
18 Gaasterland
19 Ameland
20 Terschelling

bosvegetatie. Op de hoogste gronden was ze vrij dun, en hier ontstond later door toedoen van de mens een heidevegetatie. Op de iets lager gelegen gronden handhaafde zich de bosvegetatie als eikebos met aan weerszijden van de beekdalen elzen.

Deze natuurlijke begroeiing is thans nagenoeg verdwenen door de stelselmatige ontginning. In het noordelijke deel zijn nog enkele hoge heidevelden aanwezig, maar de vrij uitgestrekte boscomplexen van Beetsterzwaag en Bakkeveen zijn later aangelegd en hebben geen invloed uitgeoefend op het ontstaan van de verschillende vegetatieprofielen.

2.1.1. De belangrijkste vegetatieprofielen

De meest voorkomende vegetatieprofielen in dit deel van de Friese Wouden zijn: heidezandgronden, bruine en gebleekte woudzandgronden en veengronden.

Bij de hieronder volgende profielbeschrijvingen is gebruik gemaakt van de code, die door de Stichting voor Bodemkartering wordt toegepast. De gecodeerde kleurbeschrijvingen, b.v. (10 YR 3/1), zijn ontleend aan de Munsel-kleurenkaarten (SOIL SURVEY STAFF, 1951). Achter de ten tijde van het onderzoek gebruikelijke profielbenamingen zijn de nieuwe nomenclatuur en codering vermeld.

2.1.1.1. Heidezandgronden (ca. 7000 ha). Een profiel onder een heidevegetatie bestaat in zijn natuurlijke ligging van boven naar beneden uit een heideplag (A0-horizont), een grijze uitspoelingslaag (A2-horizont, loodzand), een donkerbruine, soms verharde inspoelingslaag (B-horizont) en een ondergrond van blond of geelbruin zand (C-horizont). Indien de keileemondergrond ondiep in het profiel voorkomt, ontbreekt vaak de C-horizont.

Door verschillen in de aard van de inspoelingslaag (B-horizont), zoals kleur en kazigheid, die samenhangen met de topografische ligging en de korrelgrootteverdeling van het zand, zijn in het onderzochte gebied vijf vegetatie-typen binnen de heidezandgronden onderscheiden.

(a) Middelhoge heidezandgrond (9 proefplekken); Nieuwe naam en code: laarpodzolgrond, cHn21. Dit vegetatietype omvat de bodemkundig het hoogst gelegen gronden die in

dit onderzoek betrokken zijn. Zij doen zich voor als duidelijke ruggen in het terrein. De humeuze bovengrond heeft een dikte variërende van 25 tot 35 cm met een humusgehalte van 3 tot 6%. Het zand is overwegend zwak lemig tot leemarm en fijn tot matig fijn (N50 $\pm$ 150 μm).

De keileem bevindt zich dieper dan 125 cm beneden het maaiveld.

Profielbeschrijving:

0- 30 cm Aa n1	matig humeuze, zeer donkergrijze bovengrond (10 YR 3/1)
30- 40 cm Aa n2	id., soms met enkele veenresten gemengd
40- 50 cm A2	donkergrijs tot grijs loodzand (5 YR 4, 5/1)
50- 58 cm A3/B2h	bovenin nog iets loodzandachtig (7, 5 YR 3/1), naar onderen zwart humeus zand (5 YR 2/0, 5)
58- 70 cm B22	donker roodbruin tot donkerbruin verkit zand (5 YR 2/3-7, 5 YR 3/4)
70-100 cm B3	geelbruin zand (10 YR 5/4)
100-125 cm C1	lichtgeelbruin zand (10 YR 6/4)

(b) Zwak kazige lage heidezandgrond (14 proefplekken); nieuwe naam en code: laarpodzolgrond, cHn 21. Dit vegetatietype kan worden beschouwd als een overgang tussen de middelhoge heidepodzolen en de lager gelegen humuspodzolen. Plaatselijk doen zij zich voor als hogere kopjes en ruggetjes in het landschap. Gemiddeld heeft de bovengrond een iets hoger gehalte aan humus dan het vorige vegetatietype, terwijl de dikte van deze humeuze laag 30 à 40 cm bedraagt. Het zand bestaat overwegend uit zwak-lemig, fijn tot matig fijn materiaal (M50 ca. 150 μm). De keileem ligt dieper dan 125 cm onder het maaiveld.

Profielbeschrijving:

0-40 cm Aa n	matig humeuze tot humeuze zeer donkergrijze bovengrond (10 YR 3/1)
40-45 cm AB	zeer donkergrijs tot zwart zwak-kazig zand (7, 5 YR 2, 5/1) met vrij veel bleke zandkorrels

45-55 cm	B21	donker roodbruin, zak-kazig zand (5 YR 2/3, 5)
55-65 cm	B22	donker roodbruin zand (5 YR 3/4)
65-80 cm	B3	donkerbruin tot bruin zand (7, 5 YR 4/5)
80-90 cm	BC	geelbruin zand (10 YR 5/5)
>90 cm	C1	licht geelbruin zand (10 YR 6/4-2, 5 Y 6/4).

(c) Matig-kazige lage heidezandgrond (47 proefplekken); nieuwe naam en code: laarpodzolgrond, cHn 23 x. Dit over grote oppervlakte voorkomende vegetatietype wordt gekenmerkt door de vlakke ligging. De humeuze bovengrond heeft een dikte van 30 à 40 cm en een humusgehalte van 6 tot 10%. De dikwijls aanwezige, 10 à 15 cm dikke, matig-kazige laag is evenals de humeuze bovengrond meestal sterk lemig. (>17, 5% <50 µm). De ondergrond bestaat uit fijn tot matig fijn zand dat sterk lemig, zwak lemig of leemarm kan zijn.

Profielbeschrijving:

0-22 cm	Aa n1	humeuze, zwarte tot zeer donkergrijze bovengrond (10 YR 2, 5/1)
22-35 cm	Aa n2	id., vermengd met enkele veenresten en loodzand
35-40 cm	AB	donker roodbruin, loodzandhoudend zand (5 YR 2/2)
40-45 cm	B21	zwart tot donker roodbruin, matig-kazig zand (5 YR 2/1, 5)
45-53 cm	B22	donker roodbruin zand (5 YR 2, 5/4)
53-70 cm	B3	donkerbruin, iets verkit zand (7, 5 YR 4/4)
70-80 cm	C1	geelbruin zand (10 YR 5/4)
>80 cm	D	keileem

(d) Sterk-kazige, lage heidezandgrond (6 proefplekken); nieuwe naam en code: laarpodzolgrond, cHn 23 x. (De x-aanduiding alleen wanneer de keileem ondieper dan 120 cm voorkomt. Dit geldt ook voor de profielen beschreven onder 3.1.1.1. (e), 3.1.1.2. (a), 3.1.1.2. (b) en 3.1.1.2. (c).). Enkele over het

gehele gebied voorkomende ondiepe laagten vertonen de profielkenmerken van sterk-kazige lage heidezandgronden. De humeuze bovengrond is 30-40 cm dik met humusgehalten van 6-10%. De humeuze bovengrond en de sterk-kazige laag zijn sterk lemig met een gehalte aan deeltjes <50 µ van ca. 25%. De ondergrond is meestal zwak-lemig, fijn zand.

(e) Sterk-kazige, lage heidezandgrond in zeer sterk-lemig zand. (15 proefplekken); nieuwe naam en code: laarpodzolgrond, cHn 23 x. Dit vegetatietype bestaat tot een diepte van80 tot 100 cm uit zeer sterk-lemig zand met 35-50% aan deeltjes <50 µm.

De 35 tot 45 cm dikke bovengrond heeft een humusgehalte van 6 tot 10%. Hieronder is meestal een sterk-kazige laag aanwezig. Het profiel vertoont zeer vaak kenmerken van de nog te bespreken bruine woudzandgronden.

Oorspronkelijk werd dit vegetatietype nog onderverdeeld naar verschillende keileemdiepten, nl. 60-80 cm, 80-100 cm, 100-125 cm en dieper dan 125 cm beneden het maaiveld.

Profielbeschrijving:

0- 35 cm	Aa n1g	humeuze, zeer donkerbruine bovengrond (10 YR 2,5/2 met roestvlekjes)
35- 44 cm	Aan 2g	id., vermengd met enkele veenresten
44- 57 cm	AB	zeer donker grijsbruin, iets loodzandhoudend zeer sterk-lemig zand (10 YR 3/2)
57- 68 cm	B2	donkerbruin, zeer sterk-lemig zand (10 -7,5 YR 3/3)
68- 77 cm	B31	bruin tot donkerbruin sterk-lemig zand (10 YR 4/3)
77- 88 cm	B32	bruinokerkleurig, iets verkit zand (7,5 YR 4/6)
88-100 cm	C1	lichtbruin tot licht geelbruin zand (10 YR 2,5Y 6/3)
>100 cm	D1	keileem

2.1.1.2. Woudzandgronden (ca. 750 ha). Vergeleken met de heidezandgronden verschilt het bovenste deel van het vegetatieprofiel van deze bodemreeks duidelijk in kleur. De woudzandgronden zijn bovenin overwegend bruin (eik) en bij de laagst gelegen typen geheel lichtgrijs (els); de heidezandgronden zijn soms zwart en daaronder donker roodbruin van kleur.

(a) Bruine woudzandgronden (eik) (56 proefplekken); nieuwe naam en code: laarpodzolgrond, cHn 23 x. Deze gronden vormen de overgang tussen de heidezandgronden en de gebleekte woudzandgronden. Het humusgehalte van de 30 tot 40 cm dikke bovengrond bedraagt 6-10%. Deze humeuze laag is doorgaans sterk lemig met in de ondergrond zwak tot sterk lemig, fijn tot matig fijn zand. Er zijn profielen met roestvlekken in de bovengrond. Deze kunnen echter ook ontbreken of ze zijn onduidelijk.

Dit vegetatietype kan worden onderverdeeld naar de ligging van de keileemlaag, nl. 60-80 cm, 80-100 cm, 100-125 cm en dieper dan 125 cm beneden het maaiveld.

Profielbeschrijving:

0-32 cm	Aa n1g	sterk humeuze, zwarte tot zeer donkerbruine (10 YR 2/1,5) bovengrond al of niet met roestvlekken
32-45 cm	Aa n2g	id., met enkele veenresten
45-55 cm	B2	donkerbruin zand (7,5 YR 3,5/2,5)
55-65 cm	B3	bruin zand (10 YR 5/3)
65-80 cm	C1	licht bruingrijs tot licht geelbruin zand (2,5 Y 6/3)
>80 cm	D1	keileem

(b) Gebleekte woudzandgronden (gleygronden, 28 proefplekken); nieuwe naam en code: zwarte beekeerdgrond, pZg 23 x. Dit zijn, bodemkundig gezien, de laagstgelegen zandgronden van het noordelijk Pleistoceen. Zij kenmerken zich door een gebleekte (grijze) ondergrond, die plaatselijk op een diepte van 100-125 cm volledig is gereduceerd. In de bovengrond komen duidelijke roestverschijnselen voor. Ze liggen meestal als lage plekken tussen de bruine woudzandgronden of op de overgang van deze laatste naar het veen.

Het humusgehalte van de sterk lemige bovengrond bedraagt 6-12%, de dikte is 30 à 45 cm. De ondergrond is zwak tot sterk lemig en bestaat uit fijn tot matig fijn zand.

Dit vegetatietype is onderverdeeld naar verschillende keileemdiepten, nl. 60-80 cm, 80-100 cm, 100-125 cm en dieper dan 125 cm onder het maaiveld.

Profielbeschrijving:

0-30 cm	Aa ng	humeuze, zeer donkerbruine bovengrond (10 YR 2/2) met roestvlekken
30-40 cm	A2	licht bruingrijs zand (10 YR 6/2)
40-70 cm	C1g	grijsbruin tot bruin zand (10 YR 5/2,5) met roestvlekken
>70 cm	D1	keileem

(c) Lemige gebleekte woudzandgronden (14 proefplekken); nieuwe naam en code: zwarte beekeerdgrond, pZg 23 x. De laagstgelegen gebleekte woudzandgronden zijn lemig in die zin, dat onder de humeuze bovengrond een 10 à 20 cm dikke laag beekleem ligt. De 30-45 cm dikke humeuze bovengrond heeft een humusgehalte van 8-20% en vertoont vrij veel roestverschijnselen.

De zandondergrond bestaat overwegend uit zwak lemig, fijn tot matig fijn zand dat veelal op een diepte van 80 à 90 cm beneden het maaiveld volledig is gereduceerd. De keileem bevindt zich dieper dan 80 cm onder de oppervlakte.

Profielbeschrijving:

0-35 cm	Aa n1g	zeer sterk humeuze, zeer donkerbruine bovengrond (10 YR 2/2) met roestvlekken
35-50 cm	Aa n2g	venig, zeer donkerbruin zand (10 YR 2/2) met roestvlekken
50-60 cm	C11g	donker grijsbruin beekleem (10 YR 4/2) met roestvlekken
60-90 cm	C12g	grijs tot grijsbruin zand (2,5 Y 5/1,5) met roestvlekken
>90 cm	G	grijs zand (5 Y 5/1)

2.1.1.3. Keileemgronden (ca. 600 ha) Deze gronden worden gekenmerkt door het voorkomen van keileem ondieper dan 60 cm beneden het maaiveld.

(a) Keileemgronden met een lage heidepodzol (8 proefplekken); nieuwe naam en code: laarpodzolgrond, cHn 23 x. Deze keileemgronden hebben onder het humeuze dek een vegetatieprofiel overeenkomend met een lage heidezandgrond. Het humusgehalte van de 25-40 cm dikke bovengrond varieert van 6 tot 10%. Het gehele profiel bestaat tot aan de keileem overwegend uit sterk lemig, matig fijn zand.

Profielbeschrijving:

0-30 cm	A1	humeuze, zwarte tot zeer donkerbruine bovengrond (10 YR 2/1, 5)
30-38 cm	B21	donker roodbruin zand (5 YR 2/2, 5)
38-45 cm	B22	donkerbruin zand (7, 5 YR 3/3)
45-55 cm	B3	bruin zand (10 YR 4/3)
>55 cm	D	keileem

(b) Keileemgronden met een bruin woudzandprofiel (21 proefplekken); nieuwe naam en code: laarpodzolgrond, cHn 23 x. In deze gronden is een dun vegetatieprofiel ontwikkeld overeenkomend met een bruine woudzandgrond. Bij de meeste proefplekken worden roestverschijnselen in de bovengrond aangetroffen.

De humeuze bovengrond is 25-40 cm dik en heeft een humusgehalte van 6-10%. Boven de keileem bestaat het gehele profiel overwegend uit sterk lemig, matig fijn zand.

Profielbeschrijving:

0-40 cm	Aa ng	humeuze, zwarte tot zeer donkerbruine bovengrond (10 YR 2/1, 5) met roestvlekken
40-45 cm	AB	donkerbruin zand (7, 5 YR 3.5/2) met grijze zandkorrels
45-55 cm	B22	donkerbruin zand (10 YR 4/3)
>55 cm	D	keileem

2.1.1.4. Veengronden (22 proefplekken, ca. 750 ha); nieuwe naam en code: Madeveengronden, aVz; Meerveengronden, zVz. Deze twee eenheden verschillen in het humusgehalte van de bovengrond: aVz heeft een venige bovengrond (> 15 à 18% org. stof), zVz een zandbovengrond (< 15 à 18% org. stof). De zandondergrond begint bij deze veenprofielen op 50 tot 70 cm beneden het maaiveld en bestaat overwegend uit sterk tot zwak lemig, matig fijn zand. De keileem bevindt zich dieper dan 100 cm beneden het maaiveld en de humeuze bovengrond is 10-30 cm dik met een humusgehalte dat uiteenloopt van 8 tot 30% en op enkele percelen nog hoger.

Profielbeschrijving:

0-25 cm	A1g	zeer sterk, humeuze, zwarte bovengrond (2,5 Y 2/2)
25-65 cm	D	veen
65-75 cm	C1g	grijsbruin beekleem (2,5 Y 5/2)
>75 cm	G	grijs zand (2,5 Y 5/1)

2.1.2. Samenvatting

Van de gronden in de Friese Wouden bestaat 75% uit fijnzandige, hoge of middelhoge, al dan niet lemige zandgronden. Streeksgewijze komt een darglaagje voor onder de zode. Ook zijn min of meer harde oerbanken niet zeldzaam. In de ondergrond van de zandprofielen wordt meestal keileem aangetroffen, afkomstig van de onder het dekzand aanwezige grondmorene van de voorlaatste of Riss-ijstijd. De hoogteligging van de bovenkant van de keileemlaag varieert van 40- >125 cm beneden het maaiveld, meestal 60-125 cm -mv. Keileem wordt zowel in de dalen als in de ruggen aangetroffen, in het laatste geval zelfs ook hoog in het profiel.

Van hoog naar laag gaande treft men in grote trekken de volgende vegetatieprofielen aan. Middelhoge en lage heidezandgronden, bruine en gebleekte woudzandgronden, veengronden. De veen- en woudzandgronden liggen langs de beken, de heidezandgronden op de plateau's, waarbij de middelhoge heidegronden gebonden zijn aan de dekzandruggen. Het meest voorkomende zijn in de lage heidezandgrond en de bruine woudzanden (tabel 1).

TABEL 1. Overzicht van het globale oppervlaktepercentage van de bodemtypen in de deelgebieden van de Friese Wouden en over het gehele gebied

bodemtype	Fijnz. hoge zandgr.	Fijnz. middelh. zandgr. z. keileem	Idem met keileem binnen 20 cm	Hoge en middelh. zandgr.	Oude dal-grond	Zwart veen ontg. grond	Broekv. grond	Veen-mosveen en zegge-veen	Beek-bezinkings- en elzen gronden	Overige gronden	Opp. cultuur-land in ha
1. Noordel. Wouden	15	9	52	-	-	-	3	1	5	11	23.500
2. Boorne-Draaitgeb.	19	11	48	-	-	1	11	-	8	2	13.000
3. Tjongergeb.	21	23	26	2	6	8	7	4	3	2	26.000
4. Lindegeb.	11	8	44	11	-	-	5	1	8	9	12.500
gemidd.	17	14	41	3	3	3	6	2	5	6	75.000

2.2. De waterhuishoudkundige beschrijving

Het gebied der Friese Wouden, zich uitstrekkend van Dokkum in het noorden tot Steenwijk in het zuiden, vormt de noordelijke flank van de westelijke afhelling van het Drents Plateau en wordt doorsneden door een aantal riviertjes met afstromingsrichting NO-ZW. Het terrein is van nature lichtgolvend, hetgeen op het oog echter nauwelijks zichtbaar is. Tussen brede, lage stroomdalen met zwakglooiende hellingen bevinden zich de weinig geprononceerde ruggen.

De afwatering geschiedt via de door de dalen kronkelende stroompjes naar de Friese Boezem, waarmee een open verbinding bestaat. Deze afwatering is van oudsher zeer gebrekkig geweest en de vrijwel constante waterstagnatie in de dalen heeft dan ook op uitgebreide schaal veenvorming langs de beken tot gevolg gehad. De wateroverlast in de lage dalen heeft in het verleden reeds geleid tot beekverbeteringsmaatregelen, maar afdoende zijn deze nooit geweest. Door verbetering van de afstromingsmogelijkheden krijgt men nl. tevens een betere ontwatering van de hogere gronden, die echter in vele gevallen op voor droogte gevoelige percelen door de gebruikers werd tenietgedaan door verwaarlozing van de sloten en greppels. Dit had tot gevolg dat in natte tijden ineens grote hoeveelheden water loskwamen, waardoor weer overlast ontstond in de laagten.

Het in onderzoek genomen gebied, dat in grote trekken samenvalt met het Boorne-Draaitgebied, is verdeeld in drie stroomgebieden.

(1) Het stroomgebied van de Drachtster Compagnonsvaart. Dit kanaal, dat geen betekenis meer heeft voor de scheepvaart, voert het water af van ca. 5600 ha. De afwatering op deze vaart ten noorden van Ureterp en Selmien gaf wel eens moeilijkheden. Meer last bezorgde echter

(2) het Koningsdiep of Boorne. Deze beek voert het water af van ca. 5400 ha. Langs de oevers kwamen - en komen nog - vele inundaties voor in herfst, winter en natte zomers, doordat dit stroompje niet voldoet aan de eisen. In het kader van de ruilverkaveling

"Koningsdiep" wordt het gelijknamige afvoerwater verbreed en genormaliseerd en krijgt bovendien een kortere verbinding met de Friese Boezem.

(3) De Draait. Het stroomgebied ter grootte van ca. 1950 ha bevat vele laaggelegen percelen, vooral ten noordwesten van Drachten. Aldaar heeft ca. 600 ha jaarlijks met wateroverlast te kampen. De Draait is thans echter genormaliseerd en verbreed en wordt verbonden met het Koningsdiep. De laagste delen van het ontwateringsgebied worden onderbemalen.

In de sedert 1960 in uitvoering zijnde 11.300 ha grote ruilverkaveling "Koningsdiep" heeft naar schatting 7500 ha min of meer te lijden van wateroverlast. Op 4500 ha kan dit zeer ernstige afmetingen aannemen. De wintergrond-waterstand ligt hier dan tussen 0 en 20 cm beneden het maaiveld. 3000 ha met wintergrondwaterstanden 20-40 cm -my. heeft in mindere mate last.

De stroomgebieden van Koningsdiep en Draait zullen in de toekomst verenigd worden tot één waterschap, "Het Koningsdiep", ter grootte van 12.520 ha, voor het grootste gedeelte liggend in de gelijknamige ruilverkaveling. Het Koningsdiep wordt dan omgeleid en, evenals de Drachtster Compagnonsvaart, in verbinding gebracht met de Draait, die dan ter hoogte van de kruising met Rijksweg 43 ten westen van Drachten de hoofdafvoerleiding wordt. Door de omleiding van de bovenloop van het Koningsdiep zal de wateroverlast in het benedenstroomse deel kunnen worden opgeheven, terwijl in droge tijden water uit de bovenloop kan worden ingelaten.

Voorop moet worden gesteld, dat alle verbeteringen aan hoofd- en detailwatergangen slechts dan met succes ter hand kunnen worden genomen, wanneer de afwatering van de Friese Boezem zal zijn verbeterd, o.a. door het stichten van een tweede gemaal, dat bij Stavoren in aanbouw is. De moeilijkheden die men ondervindt bij de waterbeheersing van de Friese Wouden hangen nl. ten nauwste samen met de waterstaatkundige problemen van de Friese Boezem.

Samenvattend kan worden gesteld, dat het gebied der Friese Wouden te maken heeft met grote afwateringsmoeilijkheden. Over het algemeen zijn de wintergrondwaterstanden te hoog. Het gevolg

hiervan is dat 1/3 van de oppervlakte dan dras is of onder water staat en nog eens 1/3 deel is nat tot zeer nat. Deze hoge grondwaterstanden worden echter niet alleen aangetroffen in de stroomdalen en de overige lage gedeelten van de Wouden maar incidenteel, zij het van kortere duur, evenzeer op de hogere gronden, vooral wanneer keileem als een minder goed doorlatende laag wordt aangetroffen op een diepte minder dan 50 à 70 cm beneden het maaiveld. Ook de min of meer harde oerlagen kunnen een storende invloed hebben op de waterbeweging.

De verschillen tussen zomer- en wintergrondwaterstand zijn in de Friese Wouden over het algemeen groot. In de stroomdalen en lagere gronden treden fluctuaties op van 40-80, in de hogere gronden van 80-140 cm.

De tekortkomingen in de waterbeheersing van de Wouden zijn dus: storende lagen en hoogteverschillen, onvolkomenheden van de hoofdafwatering door een te hoog peil, te kleine afvoercapaciteit, slechte onderhoudstoestand en een slechte of veelal ontbrekende drainage. Omgekeerd geven storende lagen tevens aanleiding tot het optreden van watertekort in droge tijden door verkleining van het waterbergend vermogen van de grond en de capillaire opstijging van het grondwater.

Een goede waterbeheersing, zowel in sloot als in grond is een eerste voorwaarde voor het verkrijgen en het behoud van goed grasland.

2.3. De landbouwkundige beschrijving

2.3.1. Ontwikkeling

Het oorspronkelijke landschap, dat nu uit de Friese Wouden bestaat, werd na de Riss-ijstijd gevormd door bossen van verschillende samenstelling in afhankelijkheid van de waterhuishouding, waarbij op de slecht ontwaterde zandgronden op uitgebreide schaal veenvorming plaats vond. Dit vegetatiebeeld is nadien vervaagd door toedoen van de mens en is slechts reconstrueerbaar aan de hand van in het huidige profiel zichtbare kenmerken van vroegere waterhuishouding en begroeiing.

Bij de eerste ontginningen op de hogere delen werd het bos vernietigd en vormden zich in de omgeving der nederzettingen via heidevelden de heidepodzolen. Het langst handhaafde het bos zich op de vochtige gronden langs de waterlopen. Langzamerhand ontstond een landschap bestaande uit incidentele hoogveencomplexen naast uitgestrekte droge en vochtige heidevelden. Een betrekkelijk kaal gebied, met op regelmatige afstanden evenwijdige gordels van nat moerasbos met in de kern hiervan stroken moerasveengronden aan weerszijden langs de riviertjes. Dit landschapsbeeld is in overeenstemming met de streeknaam "Zevenwouden", hoewel een direct verband met de oorspronkelijke bosbegroeiing niet meer is aan te tonen.

De eerste bewoners vestigden zich in hoofdzaak op de hogere grondmorene-gedeelten. Middenop deze ruggen lagen - en liggen nog - de verbindingswegen met aan beide kanten de nederzettingen. Langs de randen naar de dalen werd veelal nog een zg. buitenweg aangelegd.

Nadat de eerste ontginningen op deze hogere gronden hadden plaatsgevonden, richtte men de blik naar de hoge venen. De eerste veengravingen in het groot werden aangepakt door de kloosters in de jaren 1100-1200, later gevolgd door edellieden en patriciërs.

Na deze, wel genoemde vóór-veenkoloniale tijd begint in de 16e eeuw een meer stelselmatige vervening. Door de zg. veencompagniën werden voor de ontwatering en de turfafvoer compagnonsvaarten, zijvaarten en wijken gegraven. Het was een zakelijke vervening met als oogmerk de verkoop van turf. De afgraving verschafte werk aan vele arbeiders die voornamelijk uit het westen van Friesland kwamen. Dit had tot gevolg dat de bevolking een Friese inslag kreeg, hoewel staatkundig bezien de Friese Wouden zijn samengesteld uit delen van verschillende herkomst. De bevolking is dan ook niet als een eenheid te beschouwen en er bestaan - nog altijd - grote verschillen tussen de noordelijke Wouden en het zuidelijk deel, waar, in de Stellingwerven, een sterke Drentse invloed merkbaar is.

De veenkoloniale tijd duurt van ca. 1600 tot ongeveer de laatste eeuwwisseling. Gedurende de afgravingsperiode verplaatste de veenderij zich meer en meer naar het oosten onder achterlating

van een gedeelte der toch al armoedige veenarbeidersbevolking. De landbouw als permanente bestaansmogelijkheid na de vervening als tijdelijke bron van inkomsten kreeg meer aandacht. Men begon de min of meer woeste verveende gronden te herontginnen en maakte daarbij een dankbaar gebruik van stadsvuilcompost en terpaarde. Er ontstond een gemengd bedrijfstype. Op de heidevelden werden schapen gehouden, er was rundvee met daarnaast akkerbouw, varkens en kippen. In de nederzettingen langs de kanalen bestond naast de veenarbeiders- en landbouwersbevolking een groep ambachtslieden die verschillende takken van - deels agrarische - nijverheid beoefenden, zoals scheepsbouw, kalkbranden en leerbewerking. Er ontstonden markten zoals de boekweitmarkt te Gorredijk en de zuivelmarkt in Drachten.

Er ontwikkelde zich een verkavelingsvorm, vergelijkbaar met de opstrekkende heerden in Groningen, met een uitgesproken strookverkaveling loodrecht op weg of vaart. De perceelsgrenzen werden dikwijls gevormd door lage walletjes, begroeid met elzen en eikenhakhout, vooral in de noordelijke Wouden en op de hogere delen. Dit wallen- en hagenlandschap is kenmerkend voor de Friese Wouden. De dikwijls meer dan 3 km lange, smalle kavels liepen uit in de moerassige lage veengrond langs de natuurlijke stroompjes of werden begrensd door percelen die zich van de andere kant opstrekten. De veraf gelegen lage gedeelten werden doorgaans als hooiland gebruikt, waarbij de zg. hooiwegen ontstonden.

In 1930 is de veenderij praktisch ten einde, nadat in de 50 jaar daarvoor nog sporadisch hier en daar wat turf is gemaakt, maar niet meer op grote schaal. Omstreeks 1880 komt nl. de grote kentering. De turfgraverij wordt minder lonend onder invloed van de opkomende steenkolenindustrie. Het gevolg is weer meer werkloosheid onder de veenarbeiders in de Friese Wouden. Er was voor de groeiende bevolking geen andere werkgelegenheid, er heerste stille armoede en het pauperisme nam hand over hand toe. Men heeft hieraan voor 1940 eigenlijk weinig kunnen veranderen. Een structurele werkloosheid, veroorzaakt door de wanverhouding tussen het aantal mensen en de omvang der bestaansmiddelen, kan alleen worden opgeheven door het scheppen van produktieve arbeid, waartoe men zich b.v. in Noordwolde wendde tot de rietvlechtindustrie. Maar de totale verarming van de streek kon slechts zeer ten

dele worden opgevangen, o.a. door toepassing van de landarbeiderswet 1918 en door werkverschaffing (1931) en werkverruiming (1939). Pas na de jongste wereldoorlog is het gelukt het oostelijke deel van de provincie Friesland van achtergebleven gebied te maken tot een streek waar voor alle bevolkingsgroepen een menswaardig bestaan mogelijk is.

Zoals gezegd, werd van oudsher in de Friese Wouden het gemengde bedrijf uitgeoefend. De afgegraven doch nauwelijks ontgonnen hoogveencomplexen werden vooreerst bij voorkeur als weiland in gebruik genomen. Men kreeg zodoende meer stalmest en gier ter beschikking, die weer ten gunste kwamen van het bouwland. Pas na 1880, vooral onder invloed van de grote landbouwcrisis, wordt allengs meer bouwland omgezet in greide, ook op die gronden die van nature minder goed voor grasland geschikt zijn. Men schrijft deze voorkeur voor het weidebedrijf wel toe aan het karakter van de Friese-Woudboer en de invloed van de nabij gelegen Friese weidegebieden.

2.3.2. Huidige toestand

Het landbouwbedrijf in de Friese Wouden wijkt in vele opzichten af van dat in de overige zandgebieden van Nederland. In de eerste plaats is op te merken, dat het percentage grasland aanmerkelijk hoger ligt dan elders. Is over het algemeen op de zandgronden de gemengde bedrijfsvorm regel, in de Friese Wouden kunnen we van vrijwel zuivere weidebedrijven spreken. In tabel II wordt het procentuele aandeel van grasland en voedergewassen aangegeven voor de verschillende zandgebieden.

TABEL II. Oppervlakte grasland + voedergewassen in procenten van de cultuurgrond (bron: CBS-Statistische zakboeken)

	1968	1969	1970
Friese Wouden	97	97	97
Drentse zandgebieden	73	72	72
Overijsselse zandgebieden	82	82	84
Veluwe	92	93	91
Zandgebieden van O.- en Z. Brabant	67	69	70
Noord Limburg	47	47	45

Wanneer wij vervolgens een vergelijking trekken tussen het gemiddelde landbouwbedrijf in de Wouden en dat in de Gelderse Achterhoek (tabel III), valt te constateren, dat de Gelderse bedrijven arbeidsintensiever zijn, met meer bouwland, varkens en kippen.

TABEL III. Uitkomsten landbouwbedrijven 1968-1969 (bron CBS/LEI-landbouwcijfers, verschillende jaren)

	Friese Wouden	Graafschap
Gemiddelde bedrijfsgrootte in ha	19,92	14,38
Grasland en voedergewassen in ha	19,80	10,79
Aantal melkkoeien	26,7	16,2
Aantal mestvarkens	2,0	44,5
Aantal leghennen	10	152
totale opbrengst in gld./ha	2951	6440
bruto arbeidsinkomen per gezin per ha	930	1857

Voorts zijn de landbouwbedrijven in de Graafschap minder eenzijdig dan in de Friese Wouden, waar het typische veredelingsbedrijf met veel varkens en pluimvee slechts sporadisch wordt aangetroffen. Het grootste gedeelte der inkomsten wordt hier uit het rundvee verkregen, waarbij echter de veebezetting niet bijster imponerend is. Bij toepassing van moderne bedrijfssystemen wordt het mogelijk geacht om 20 stuks melkvee te houden op 10 ha, met eigen ruwvoerproduktie. Het grote percentage gepachte gronden heeft hier waarschijnlijk een remmende invloed op bedrijfsintensivering. Van de totale oppervlakte cultuurgrond in de Wouden wordt nl. slechts 34% door de eigenaar geëxploiteerd, terwijl voor de zandgronden in Nederland dit percentage op 55 ligt. Verder moet worden bedacht, dat een gemiddelde bedrijfsgrootte van ongeveer 10 ha (1959) hier niet betekent dat het merendeel der bedrijven deze oppervlakte beslaat. In oostelijk Friesland vinden we naast een aantal grote en veelal goed geleide bedrijven van meer dan 20 ha, veel kleinbedrijf met een oppervlakte van 1-5 ha. Tabel IV geeft

een overzicht van de verdeling der bedrijven over de verschillende grootteklassen. Het aandeel van de zeer kleine bedrijven neemt af, dat der middengroepen, van 5-20 ha, neemt in dezelfde mate toe.

TABEL IV. Verdeling der bedrijven in de Friese Wouden naar grootte en gemiddelde bedrijfsgrootte (bron: CBS-Statistieken van land- en tuinbouw)

Jaar	% bedrijven in de Wouden in de grootteklasse				Gemiddelde bedrijfsgrootte
	1-5 ha	5-10 ha	10-20 ha	≥20 ha	(≥1 ha)
1947	43	24	20	13	9,57
1950	42	27	19	12	9,37
1955	38	29	20	13	9,66
1957	35	30	22	13	9,70
1959	34	29	24	13	10,00
1965	28	24	31	17	11,51

In de Wouden worden betrekkelijk weinig varkens en kippen aangetroffen op de kleine bedrijven, die a.h.w. een verkleind beeld te zien geven van de grotere rundveebedrijven, zonder echter bedrijfstechnisch in staat te zijn voor dezelfde kostprijs te produceren. Dit komt in het totale bedrijfsresultaat tot uiting, zoals blijkt uit tabel V, waarin over enkele jaren het arbeidsinkomen wordt vergeleken van bedrijven op de Veluwe en in de Friese Wouden van dezelfde grootte.

TABEL V. Arbeidsinkomen op de Veluwe en in de Friese Wouden op bedrijven van 4-7 ha (bron: CBS/LEI-landbouwcijfers, verschillende jaren)

	Arbeidsinkomen per bedrijf in guldens				
	1949/'50	1950/'51	1951/'52	1952/'53	Gemiddels
Veluwe	5300	5200	5600	6100	5500
Fr. Wouden	4900	4300	4400	5300	4700

Over alle jaren was het inkomen in de Friese Wouden lager dan dat van de gemengde bedrijven op de Veluwe waar de varkens en kippen een aanzienlijk deel van de inkomsten betekenen. Vandaar dat moeite werd gedaan om de varkens- en pluimveehouderij te bevorderen, o.a. met behulp van enkele door het Rijkslandbouwconsulentschap opgerichte kippen- en varkenskernen met subsidie, bedoeld als stimulans om op den duur de kippen- en varkenshouderij op het kleine bedrijf in de Wouden ingang te doen vinden.

De omstandigheid, dat 97% van het landbouwareaal wordt ingenomen door grasland en voedergewassen wil niet zeggen dat alle percelen het meest geschikt zijn om als grasland gebruikt te worden. Van de totale oppervlakte aan grasland in de Friese Wouden ligt 10% op gronden die regelmatig van droogte te lijden hebben, terwijl 50-60% op voor droogte gevoelige grond is gelegen. Er is in de Friese Wouden dan ook geen samenhang waargenomen tussen het voorkomen van bouwland en voor de watervoorziening van de plant belangrijke factoren als grondwaterstand en beschikbare hoeveelheid vocht.

Er bestaat in deze streek de neiging om, gewoontegetrouw ook de min of meer voor droogte gevoelige gronden als permanent grasland te gebruiken, waarbij het belang van kunstweiden, voedergewassen en beregening nog te weinig wordt ingezien. De graslandproduktie op de hoger gelegen, voor droogte gevoelige zandgrond is bij normale regenval reeds laag doordat de grond niet in staat is voldoende water vast te houden, en de grondwaterstand ligt veelal te diep om via capillaire opstijging voor nalevering te zorgen. Langer dan één week zonder regen wil dikwijls zeggen stagnering van de grasgroei, waarbij de grasmat op den duur in kwaliteit achteruit kan gaan doordat minderwaardige, droogteminnende grassen en onkruiden als rood zwenkgras, gewoon struisgras en duizendblad de plaats innemen van minder goed tegen droogte bestand zijnde hoogwaardige grassen als beemdlangbloem en ruwbeemdgras.

Beregening zou waarschijnlijk in vele gevallen opbrengstverhoging kunnen geven, ware het niet dat een aantal bedrijfstechnische factoren zoals verkaveling, bedrijfsgrootte en personeelsvoorziening niet direct gunstig zijn om beregening in de Friese Wouden rendabel te maken. Niettemin verdient het aanbeveling voor de toekomst

de mogelijkheid van beregening op intensieve bedrijven in het oog te houden, temeer waar toch bekend is dat op hoge ontginningsgronden met behulp van beregening opbrengsten van 4000-5000 kg zetmeelwaarde per ha zijn te bereiken.

Vergeleken met de opbrengsten van de andere Nederlandse graslandgebieden, slaan de noordelijke zandgronden, waartoe de Friese Wouden worden gerekend, echter nog niet zo'n slecht figuur, zoals uit tabel VI valt op te maken.

TABEL VI. Gemiddelde opbrengsten aan kg zetmeelwaarde per ha van grasland, 1955-1959 en 1966/'67

Gebied	1955	1956	1957	1958	1959	Gem. 55-'59, 66-'67
noordelijke kleiweidegebieden	3100	3100	3300	3600	3000	3200
westelijke kleiweidegebieden	3000	3000	3200	3500	3000	3150
rivierkleigebieden	2700	2800	2900	3200	2600	2850
noordelijke veengronden	2600	2500	2600	2800	2700	2650
westelijke veengronden	3150	3000	3200	3500	3200	3200
noordelijke zandgronden	2800	2800	2900	3000	2700	2850
zuidelijke zandgronden	2700	2750	2950	3250	2500	2850
oostelijke zandgronden	2800	2300	2800	2950	2300	2650
Friese Wouden						3700
Fries kleiweidegebied						3900
Fries veenweidegebied						3800
veengronden Z-Holland						3600
Drentse en Overijsselse zandgr.						4000

Behalve en naast beregening bestaat de mogelijkheid om op de voor droogte gevoelige gronden voedergewassen als snijmais en voederbieten te verbouwen. Een goed gewas snijmais is in staat 7200 kg zetmeelwaarde en 700 kg v.r.e. per ha te leveren. Snijmais vergt minder arbeid en is beter tegen droogte bestand dan de voederbiet die per ha 8000 kg z.w. en 900 kg v.r.e. kan opbrengen.

Doch ook voor de teelt van voedergewassen speelt de bedrijfsoutillage een overheersende rol, evenals dat het geval is bij het veel

gepropageerde wisselweidesysteem, waarbij bouwland wordt afgewisseld met één- of meerjarige kunstweide. De opbrengst van kunstweide op de hogere zandgronden kan over het algemeen bij normale regenval hoger liggen dan die van blijvend grasland, terwijl bovendien de akkerbouwgewassen gunstig reageren op de door inschakeling van kunstweiden bevorderde humusopbouw.

Wat de bemestingstoestand van het gehele gebied der Friese Wouden anno 1955 betreft, is het moeilijk een duidelijk algemeen beeld te geven van de stand van zaken. Er zijn op korte afstand grote verschillen te constateren in de bedrijfsvoering, waarvan het bemestingsbeleid een onderdeel vormt. Enige algemene gegevens van voor en na de tweede wereldoorlog geven weliswaar een globale indruk op het punt van de bemesting, doch zoals naderhand uit de bespreking van het in 1955 door ons in het onderzoekgebied uitgevoerde grondonderzoek zal blijken, is bij vergelijking geen of weinig overeenkomst te vinden tussen de verschillende overzichten.

Uit mededelingen van het RLC-Drachten blijkt, dat in 1937 in dit ambtsgebied 50% van het grasland te zuur was, op de oude zandgronden zelfs 77%. Op de veengronden kwamen minder te zure percelen voor, nl. 12%.

In de periode 1942-1948 was nog steeds 45% van het graslandareaal te zuur, terwijl in 1949 60% van het grasland een te lage fosfaattoestand had en zelfs 77% slecht met kali was voorzien. Deze abnormaal lage bemestingsgesteldheid werd voor een groot gedeelte geweten aan de oorlogsomstandigheden en niet aan onkunde van de boer en sindsdien is er dan ook veel verbeterd. De cijfers uit 1950 wezen uit dat door het weer ter beschikking komen van meer kalimeststoffen de K-cijfers over het algemeen normaal waren te noemen. De fosfaatgehalten bleven nog aan de lage kant en de pH was vrij goed. Overigens mag men aan al deze gegevens, verkregen uit een beperkt aantal uitslagformulieren van grondonderzoek, geen al te hoge waarde hechten voor de bemestingstoestand van een gebied. Bovendien veranderen de grondanalysecijfers van jaar tot jaar, vooral voor kali, en geven dus slechts een momentopname waarmee niet de chemische bodemvruchtbaarheid over langere tijd gekarakteriseerd mag worden. Tevens moet worden bedacht, dat ook de waarderingsnormen aan verandering onderhevig zijn.

Wanneer we de toestand op landbouwkundig gebied na 1945 in de Friese Wouden samenvatten kan worden gezegd, dat de gemiddelde boer hier te maken had met het feit dat hij op een te klein bedrijf dat bovendien vaak slecht verkaveld was, moest bestaan van de melkveehouderij op gronden die in vele gevallen minder goed als grasland zijn te gebruiken. Aan de ene kant heeft hij te kampen met een ondoelmatige waterbeheersing door slechte ont- en afwateringstoestanden. Anderzijds bestaat reëel gevaar van verdroging op de hogere gronden, terwijl de chemische bodemvruchtbaarheid van het grasland niet altijd even rooskleurig is. Het hele gebied leed aan een relatieve overbevolking, doordat ten gevolge van de typisch agrarische ontwikkeling tot de tweede wereldoorlog een werkloosheid was ontstaan die niet in de landbouwsector was op te vangen en die in 1952 nog 7.8% van de beroepsbevolking omvatte.

Pas na 1945 is een duidelijke samenhang te bespeuren tussen agrarische en industriële ontwikkeling. Vooral de industrialisatie na 1956 heeft door de grote zuigkracht op jongere landarbeiders en bedrijfsopvolgers van de kleine bedrijven een afneming te zien gegeven van het aantal landbouwbedrijven en daarmee een, zij het nog geringe , toeneming van de gemiddelde bedrijfsgrootte.

Door de schaarste aan arbeidskrachten en de mede ten gevolge daarvan stijgende lonen is ook in de Friese Wouden het landbouwbedrijf van arbeidsintensief kapitaalsintensief aan het worden. Streekverbeteringsplannen hebben de laatste 20 jaar veel bijgedragen tot een grotere welvaart van de verschillende bevolkingsgroepen.

Herontginningen op kleine schaal werden reeds lang uitgevoerd en hadden vnl. betrekking op het verwijderen van harde en/of storende lagen in de grond, waarbij dikwijls de opbouw van het profiel werd gewijzigd. Tevens werd wat aan egalisatie gedaan. De animo voor herontginning was echter niet groot omdat hiervoor geen fondsen beschikbaar waren en er geen of weinig subsidie werd verleend. Ook het feit dat een noodzakelijk geachte herontginning alleen tot resultaat leidt - en dus financieel verantwoord kan zijn - wanneer tevens de waterbeheersing wordt geregeld, werkte belemmerend op de uitvoering.

Kort gezegd waren de problemen in de Friese Wouden en evenzeer in de aangrenzende zandgebieden van Drenthe en Groningen: te-

kort aan werkgelegenheid in de landbouw zonder industriële uitwijkmogelijkheid, waardoor een relatief laag welvaartspeil met slechte woningtoestanden; eenzijdige en verouderde, in hoofdzaak op de rundveehouderij steunende bedrijfsplannen met te kleine bedrijven; te kort schietende waterbeheersing en onvoldoende ontsluiting.

De regering verklaarde de noordelijke zandgronden, waarvan de Friese Wouden deel uitmaken, tot ontwikkelingsgebied. Men hoopte de voor het creëren van nieuwe arbeidsplaatsen benodigde industrie te kunnen spreiden over een vrij groot plattelandsgebied. Dat voorshands de resultaten gering bleven is te wijten aan het feit dat de industrie, in een streven naar samenballing en wederzijdse steun een zgn. agglomeratieeffect vertoont (Drachten, Emmen). Een nieuw regeringsoogmerk was derhalve: samentrekking van de industrie in enkele plaatsen met behulp van kernontwikkeling.

In 1959 werden hiertoe primaire kernen aangewezen met daarnaast secundaire kernen, het geheel aangeduid onder de nieuwe, nette naam stimuleringsgebieden.

Men wilde hiermee in de eerste plaats de structurele werkloosheid opvangen om daarna de op deze manier uitgedunde landbouw te trachten te saneren door cultuurtechnische werken in de vorm van ruilverkaveling nieuwe stijl, waarbij behalve aan een verbeterde verkaveling vooral aandacht wordt besteed aan de algehele genezing van een achtergebleven landbouw.

De stand van zaken is aan het einde der vijftiger jaren zo, dat de Friese Wouden verscheidene industrievestigingen in de grotere plaatsen te zien geven en dat de noodzakelijk geachte urgente ruilverkavelingen ofwel in voorbereiding zijn of reeds in uitvoering, zoals de ruilverkaveling "Koningsdiep" die in 1959 werd aangenomen en waarin het grootste gedeelte van ons onderzoekterrein is gelegen. Men hoopt door bedrijfsvergrotingen, doelmatige verkaveling, waterbeheersing en bemesting rationele landbouwbedrijven te verkrijgen in een gebied dat mede dankzij een bloeiende industrie een gezond hart heeft en dat als zodanig een volwaardige bijdrage kan leveren tot de welvaart van geheel Nederland.

Doch naast het volvoeren van bovengenoemde grotendeels technisch-economische maatregelen is het van belang na te gaan welke en

in welke mate bodemfactoren van belang zijn voor de produktiviteit van het grasland, de grond waarvan uiteindelijk het grootste gedeelte van de grondstoffen voor de veehouderij wordt verkregen. Met het verrichten van het hieronder te beschrijven onderzoek is getracht een bijdrage te leveren tot verbetering van de produktiemogelijkheden van het grasland in de Friese Wouden door na te gaan welke factoren hun invloed doen gelden op de opbrengst.

3. HET ONDERZOEK

3.1. Doelstelling

Er bestaat, zowel landelijk als regionaal, een grote spreiding in de bedrijfsresultaten der afzonderlijke landbouwbedrijven, terwijl binnen een gebied dat als een landbouwkundige eenheid mag worden beschouwd, de onderscheidene percelen grote verschillen in produktievermogen vertonen zowel in als buiten bedrijfsverband.

Deze spreiding in bedrijfsresultaten per perceel komt voort uit het feit, dat de opbrengst van iedere kavel beperkt wordt door één of meer in een ongunstige toestand verkerende factoren. De overige groeifactoren zijn geheel of gedeeltelijk te beïnvloeden en wel beter naarmate de ontwikkeling van wetenschap en techniek groter wordt. De factor "boer", zoals men deze landbouwregie wel noemt, wordt steeds meer een belangrijk element bij het opvoeren der produktiviteit van landbouwgronden.

Daar het aantal factoren dat - binnen of buiten het machtsbereik van de boer - het bedrijfsresultaat bepaalt, zeer groot is, kunnen we niet altijd verwachten dat het effect van één afzonderlijke factor op duidelijke wijze in de opbrengst tot uiting komt. Dit zal afhangen van de invloedsgrootte van deze factor. Het zal echter pas met behulp van diepgaand onderzoek mogelijk zijn een enigermate betrouwbare indruk te verkrijgen van de invloeden der verschillende factoren, apart en in hun onderlinge samenhang.

Het produktievermogen van de grond wordt bepaald door de profielopbouw tot een diepte van 1-1,5 m en de beschikbare hoeveelheid voedingsstoffen en vocht. De profielopbouw vormt de basis van de fysische gesteldheid die bepalend is voor de warmte-, lucht- en waterhuishouding en die in vele gevallen van groter belang is dan de chemische rijkdom van de grond. Een zeker tekort aan plantevoedingsstoffen is in de regel sneller en beter te verhelpen dan bijv. het effect van een , de waterhuishouding storende laag. In vele gevallen zal tussen de afzonderlijke bodemeigenschappen een zekere samenhang bestaan die verband houdt met de ontstaanswijze van de

bodem. Daarnaast kunnen ook uitwendige factoren als de afstand van een perceel tot de bedrijfsgebouwen of de capaciteit en activiteit van de boer in verband staan met de bodemgesteldheid. Een factor als de verzorgingsgraad van het grasland is een produktiebepalende variabele die in beginsel onafhankelijk is van het bodemtype, maar beide grootheden zullen vaak via de handelwijze van de boer gecorreleerd zijn, zoals blijkt uit verschillen in het verzorgingsbeeld op diverse bodemtypen.

Dat van de vermeende invloed van een bepaalde factor slechts weinig tot uiting komt in de bedrijfsresultaten kan veroorzaakt worden door het feit dat het effect van die factor werd overschaduwd of wellicht teniet gedaan door de invloed van een of meer andere factoren.

Een streeksgewijs bodemvruchtbaarheidsonderzoek als het onderhavige kan leiden tot een kwantitatieve beschrijving van in de praktijk voorkomende verschillen, verklaard door een aantal in hun maateenheid aangegeven bodemvruchtbaarheidsfactoren die voor deze verschillen verantwoordelijk kunnen worden gesteld.

Bovendien kan een dergelijk onderzoek een bijdrage leveren tot de oplossing van problemen op het gebied van structuur, waterhuishouding bemesting en verkaveling, terwijl tevens de verwachting bestaat dat de uitkomsten van reeds uitgevoerde en nog uit te voeren onderzoekingen het mogelijk zullen maken door schematisering de verschillen in opbrengst van niet in een onderzoek betrokken gebieden te verklaren.

Tenslotte biedt het regionale bodemvruchtbaarheidsonderzoek de gelegenheid om tot een nuttige samen- en wisselwerking te komen tussen onderzoek, voorlichting en praktijk.

3.2. Opzet

Daar dit onderzoek het oogmerk heeft het aangeven van de kwalitatieve en kwantitatieve betekenis van zo mogelijk alle factoren die de opbrengstverschillen tussen de percelen bepalen, is het vrijwel ondoenlijk bij de opzet uit te gaan van speciaal voor dit doel aan te leggen proefvelden waarop door ingreep één of meer factoren worden gevarieerd. Dit geldt temeer daar het voor een deel variabelen betreft die vrijwel niet kunstmatig te veranderen of te fixeren zijn zoals bijv. de gehalten aan

slib en organische stof in de grond of de grondwaterstand. Vandaar dat dit onderzoek is opgezet volgens het principe van een proef zonder ingreep, waarbij door een zorgvuldige keuze van een aantal proefplekken naar een dusdanige spreiding van alle in het onderzoek te betrekken factoren wordt gestreefd, dat men alle voor de bewerking belangrijke factorencombinaties in de steekproef vertegenwoordigd weet.

Wij hebben hierbij dan het voordeel dat onder natuurlijke omstandigheden ook de moeilijk of niet veranderbare factoren kunnen worden onderzocht, waarbij echter aan de statistische bewerking en toetsing hogere eisen moeten worden gesteld dan wanneer, zoals bij de bewerking van proefveldgegevens, tevoren de proefindeling aan een doelmatige statistische analyse kan worden aangepast.

De voor het betrokken gebied van betekenis zijnde vegetatieprofielen zijn in het onderzoek opgenomen naar evenredigheid van de oppervlakte die deze profielgroepen beslaan. De keuze van de proefplekken is gemaakt door de Stichting voor Bodemkartering aan de hand van de verschillende vegetatieprofieltypen en keileemdiepten op de zwak tot sterk lemige zandgronden en enkel veenprofielen. In het geheel werden 240 proefplekken aangewezen, vertegenwoordigend de 11 vegetatieprofielen die het meest representatief mogen worden geacht voor de bodemkundige gesteldheid van het in onderzoek genomen deel der Friese Wouden. Deze profielen werden reeds nader beschreven onder 3.1.1.

Om de mogelijke invloed van de keileemondergrond op de bodemvruchtbaarheid te kunnen nagaan, werd zowel op de lage heidepodzolen als op woudzandgronden een serie profielen uitgezocht met keileemdiepten, variërende van <60 cm tot >100 cm beneden het maaiveld. Voorts werd een vertegenwoordiging van drie ontginningstypen in het onderzoek opgenomen, nl. de oude en jonge ontginningsdekken en de veenontginningsdekken. Tabel VII toont de verdeling van de 240 proefplekken over de belangrijkste vegetatieprofielen.

Nadat op deze wijze de plaats van de proefplekken was bepaald en vastgelegd op topografische kaarten schaal 1:25.000, werden via de Rijkslandbouwconsulent Drachten, in wiens ambtsgebied het onderzoek was gelegen, de gegevens verzameld van de percelen waarop de proefplekken moesten komen te liggen. Zo moest allereerst worden nagegaan tot welk bedrijf het perceel behoorde teneinde de gebruiker toestemming te vragen gedurende 3 jaren de nodige werkzaamheden op de proefplek te verrichten.

TABEL VII. Verdeling der proefplekken over de vegetatieprofielen

Vegetatieprofiel	Aantal proefplekken
middelhoge heidepodzol	9
zwak-kazige lage heidepodzol	14
matig-kazige lage heidepodzol	47
sterk-kazige lage heidepodzol	6
ster-kazige lage heidepodzol in fijnzandige leem	15
bruine woudzandgronden	56
gebleekte woudzandgronden	28
lemige gebleekte woudzandgronden	14
keileemgrond met lage heidepodzol	8
keileemgrond met bruine woudzandgrond	21
veengrond	22
Totaal	240

De proefplekken werden, ter grootte van ongeveer 120-150 m^2, in het voorjaar van 1955 te bestemder plaatse uitgezet en van de rest van het perceel onderscheiden door in de grasmat uitgeboorde grensvoortjes. De plaats van de proefplek werd aan de hand van reproduceerbare coördinaten aan oriëntatiepunten vastgelegd in een situatiekening.

Daar de grondwaterstand, in samenhang met andere bodemkundige gegevens en de gebruikswijze van het grasland een eerste inzicht kan geven in de waterhuishoudkundige toestand van een perceel, werd op elk van de 240 proefplekken in een tevoren geboord gat een buis geplaatst waarin periodiek de grondwaterstand kon worden gemeten. Het onderste gedeelte van deze ijzeren gasbuizen, doorsnede 2,5 cm, was geperforeerd en omgeven door een jutemantel, zodat het grondwater wel, maar slib en zand niet in de buis konden doordringen. De bovenkant van de buis bevond zich ca. 5 cm beneden de oppervlakte en werd afgesloten door een platliggende baksteen, waarvan de bovenzijde gelijk kwam te liggen met het maaiveld, zodat werkzaamheden op het perceel geen last ondervonden van de grondwaterstandsbuis. Oorspronkelijk werden de buizen afgesloten door een houten plug, die echter in natte perioden moeilijkheden gaf bij het verwijderen i.v.m. zwelling door vocht. De baksteen had bovendien

het voordeel dat bij eventuele onzichtbaarheid de opsporing met behulp van een metalen prikstaaf kon geschieden.

Op een aantal velden werd een extra grondwaterstandsbuis geplaatst, om de volgende reden: In bodemkundige kringen heerste de mening, dat het keileem onder dekzand als een vrijwel ondoorlatende ondergrond moest worden geschouwd, waarbij het waterregime boven en in het keileem twee verschillende grootheden zouden zijn. Het opnemen der grondwaterstanden zou derhalve dienen te gebeuren in buizen die tot de bovenkant van de keileemlaag reikten. Bij de besprekingen over de opzet van het onderzoek kwam uiteraard de vereiste lengte der grondwaterstandsbuizen ter sprake. Hierbij werd betwijfeld of opneming van de grondwaterstand in buizen die reikten tot op de keileemlaag wel een duidelijk inzicht omtrent de grondwaterfluctuaties zou kunnen verschaffen. Besloten werd om zo mogelijk alle buizen een eind in de keileemlaag te plaatsen. Ter controle werden op 30 veldjes tevens buizen geplaatst tot op het keileem, 2 à 3 meter verwijderd van de normale buizen. De resultaten van deze controlemetingen worden besproken onder 3.6.6.

Voor het uiteindelijke hoofddoel van dit onderzoek, het verklaren van de bruto-opbrengst van het grasland in de Friese Wouden uit een aantal bodemkundige en andere factoren, moesten de bruto-opbrengsten van de 240 veldjes bekend zijn. Hiertoe werden op 76 proefplekken kooien geplaatst ter meting van de opbrengst, terwijl op alle velden verbindende taxaties werden uitgevoerd door een schattingsploeg van de Afdeling Onderzoek van de Cultuurtechnische Dienst onder leiding van de heer T. Douma. Over alle waarnemingen die gedurende de drie proefjaren 1955, 1956 en 1957 werden verricht, wordt hieronder gedetailleerd verslag uitgebracht.

3.3. De uitvoering van het onderzoek

Getracht is van de proefplekken zoveel mogelijk gegevens te verzamelen. Weliswaar is hiervan niet alles in de hoofdbewerking opgenomen, doch men kan tevoren nooit aangeven of bepaalde gegevens al of niet in het onderzoek moeten worden betrokken en ontbrekende waarnemingen zijn achteraf in de meeste gevallen niet reconstrueerbaar.

De te verrichten waarnemingen, taxaties en metingen zijn in groepen in te delen nl.

(1) Uiterlijke kenmerken. Dit zijn de gegevens die men van derden ontvangt, zoals de perceelsgrootte, ligging van het perceel t.o.v. de bedrijfsgebouwen, behandeling en gebruikswijze, toegediende praktijkbemesting, weersgesteldheid, pachtwaarde. Voor een deel zijn deze gegevens vaak niet nauwkeurig vast te stellen, zodat opneming in de bewerking zorgvuldig dient te worden overwogen.

(2) Overige kenmerken: Deze gegevens kunnen door specialisten zo nauwkeurig mogelijk worden vastgesteld. Het zijn veelal routinebepalingen, die hetzij in het veld, zoals profielopbouw, grondwaterstand en gevoeligheid voor vertrapping, hetzij in het laboratorium worden verricht, b.v. chemische samenstelling van de grond, botanische samenstelling van de grasmat, fysische constanten.

(3) Bepalingen van en aan de opbrengst, t.w. schatten, wegen, gehalten aan droge stof, ruw eiwit en mineralen.

Ad 1. De uiterlijke kenmerken waren deels van instanties afkomstig (Rijkslandbouwconsulentschap, KNMI, Grondkamer), deels van de gebruikers der percelen. De laatsten werden aanvankelijk mondeling geënquêteerd, terwijl de houders van kooivelden werden uitgenodigd een door het CILO samengestelde vragenlijst betreffende de jaaropbrengst van het proefperceel bij te houden. Deze lijst verschafte ons de gegevens omtrent oppervlakte, beweiding, melkopbrengsten, bijvoedering, het maaien en de bemesting van het perceel waarop een proefplek was gelegen. Met behulp van de zgn. normen van Geith konden hieruit per perceel de netto-opbrengsten worden berekend. Daar tevens de geschatte bruto-opbrengsten werden bepaald via de gewogen opbrengsten onder de kooien, kon een indruk worden verkregen van het rendement van de grasproduktie, d.w.z. het percentage van de bruto-opbrengst dat effectief door het vee wordt benut.

De mondelinge ondervraging diende om gegevens te verkrijgen aangaande verzorging, gebruik en bemesting van alle overige proefplekken. Daar dit echter een zeer tijdrovende en kostbare bezigheid bleek te zijn, werd besloten ook dit gedeelte schriftelijk, d.m.v. vragenlijsten af te doen, althans voor de proefjaren 1956 en 1957. Over 1956 werden op deze wijze van 60% der aangeschreven proefveldhouders de formulieren ingevuld terugontvangen, terwijl de overigen alsnog mondeling werden ondervraagd.

Gezien de weinig betrouwbare indruk die de mondeling verkregen gegevens wekten, werden voor 1957 alleen de schriftelijk ontvangen gegevens gebruikt, omvattende 72% van het aantal proefplekken.

De data met betrekking tot de weersgesteldheid werden voor ieder proefjaar van het KNMI betrokken. Daar in het onderzoekgebied zelf alleen regencijfers van Drachten beschikbaar waren, moest gebruik worden gemaakt van metingen op omliggende waarnemingsstations en wel van Marum, Drachten en Gorredijk de dagelijkse hoeveelheid neerslag, van Eelde en Joure de gemiddelde overdagtemperatuur en van Eelde de gemiddelde etmaaltemperatuur.

Van de 76 kooivelden werd door de Grondkamer voor Friesland de pachtwaarde geschat, waarbij de ligging t.o.v. de bedrijfsgebouwen en de bereikbaarheid buiten beschouwing werden gelaten.

Ad. 2. De overige kenmerken. De hoofdmoot van de verzamelde gegevens is afkomstig uit deze groep. Door de Stichting voor Bodemkartering, afdeling Friesland (ir. J.C nossen, W.Heijink) werden de proefplekken gekarteerd, waarbij gegevens werden verkregen omtrent de profielopbouw en de samenstelling der bodemlagen. De volgende eigenschappen werden vastgesteld: de dikte van de humeuze laag met de daarbij behorende, geschatte gehalten aan organische stof, de granulaire samenstelling van het bodemmateriaal, het U-cijfer als maat voor de fijnheid van het zand en de werkelijke keileemdiepte.

Het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek gaf de analyseresultaten van de in aug./sept. 1955 op de proefplekken genomen grondmonsters van de zodelaag. Bepaald werden pH-KCl, koolzure kalk, humus, afslibbaar, totaal zand, P-getal, P-citroen, kaligetal en magnesiumgehalte. Afschriften van de analyseformulieren werden met een bemestingsadvies door het RLC Drachten aan de betrokken gebruikers toegezonden, waarbij er ten aanzien van de advisering op basis van deze analyses op werd gewezen dat de monsters in de meeste gevallen afkomstig waren van een zeer klein gedeelte - de proefplek - van het perceel, zodat de kans op het vinden van afwijkende cijfers t.o.v. het gehele perceel groter is dan bij normaal genomen praktijkmonsters.

De grondwaterstand op de proefplekken, een zeer invloedrijk geachte produktiefactor, werd zo frequent mogelijk opgenomen. Bij ieder bezoek aan een proefplek werden tussentijdse grondwaterstanden bepaald, terwijl in principe op ieder veld om de 4 weken de grondwaterstand werd gemeten. De waarneming geschiedde in de grondwaterstandsbuizen met behulp van een dunne, van een cm-verdeling voorziene, driedelige koperen buis met een grootste te verkrijgen lengte van 3 m. Door blazen met de mond in deze buis werd de hoogte van de grondwaterspiegel vastgesteld, waarna de stand op de meetbuis kon worden afgelezen ter hoogte van het maaiveld.

De botanische samenstelling van de grasmat op de 76 kooivelden werd op twee manieren bepaald. Allereerst werden in de periode mei-juli 1956 alle kooivelden volgens voorschrift bemonsterd. Door de afdeling Vegetatiekunde van het IBS werden in deze monsters bepaald: (a) het aanwezigheidsfrequentiepercentage A, verkregen door na te gaan in hoeveel monstertjes van één veld een bepaalde soort aanwezig is, zonder rekening te houden met de massaverhouding der afzonderlijke soorten, (b) het dominantiefrequentatiepercentage D, verkregen door te bepalen hoeveel maal een soort de eerste plaats in massa heeft ingenomen in alle monsters van het verzamelmonster van één proefplek, omgerekend op 100 monsters, en (c) het belangrijkheidsfrequentiepercentage B, verkregen door in elk monstertje de volgorde van de drie in massa belangrijkste soorten te schatten en deze rangorden 1, 2 en 3 resp. te vermenigvuldigen met 3, 2, en 1. Hierna worden de produkten van één soort bij elkaar opgeteld tot een B-totaal-cijfer en uitgedrukt in procenten van het totaal aan belangrijkheidssommen van alle soorten. Tenslotte wordt uit de som der vermenigvuldigingen van waarderingscijfer en B% van iedere op een proefplek in beschouwing genomen soort en na deling door 100 de hoedanigheidsgraad van de bemonsterde plekken berekend.

Een tweede bepaling van de botanische samenstelling der 76 kooivelden werd verricht door waarneming in het veld in augustus 1956. Hierbij werden de drooggewichtsprocenten der voorkomende soorten geschat en hieruit kon vervolgens per veld de hoedanigheidsgraad worden berekend.

Ten opzichte van de botanische analyse is een schatting van de gewichtsverhoudingen uiteraard minder nauwkeurig en in dit onderzoek is deze methode slechts verricht ter toetsing van de betrouwbaarheid ervan. De botanische analyse werd gebruikt om de proefplekken in te delen naar vegetatiekarteringseenheden (DE BOER, 1956). Hierbij wordt het grasbestand beoordeeld aan de hand van plantensoorten die inlichtingen verschaffen omtrent de vochtvoorzieningstoestand. Een tweede rangschikking van vegetatie-eenheden werd gemaakt volgens verzorging en kwaliteit. Voor de landbouwkundige en bodemkundige indicatie van deze graslandvegetatiekarteringseenheden in de Friese Wouden moge worden verwezen naar DE BOER en FERRARI (1961).

Ter bepaling van de hoeveelheid voor het gewas beschikbaar vocht in de bodem, werd op 30 proefplekken, vertegenwoordigend de verschillende voorkomende profieltypen, een laagsgewijze bemonstering uitgevoerd (ir. P. Boekel). In ongeroerde ringmonsters werd het vochtgehalte bij pF 0,4, 1,0, 1,5 en 2,0 bepaald. Met behulp van het drooggewicht, dat werd verkregen door weging na drogen bij 105°C kon het gewichts- en het volume percentage vocht bij de genoemde pF-waarden worden berekend. Na bepaling van het soortelijk gewicht van de grond kon tevens het totale poriënvolume, dat overeenkomt met het volumepercentage vocht bij volledige verzadiging, worden bepaald.

In geroerde grondmonsters werden de vochtgehalten bepaald bij de pF-waarden 2,7, 3,4, 4,3 en 6,2. Tenslotte werden vochtkarakteristieken verkregen door in een grafiek de volumepercentages vocht uit te zetten tegen de bijbehorende pF-waarden. Uit deze pF-curven werd de beschikbare vochthoeveelheid gevonden door aflezing van het vochtvolume tussen pF 2,0 (= veldcapaciteit) en pF 4,2 (= verwelkingspunt). Met behulp van deze op 30 plekken bepaalde hoeveelheden beschikbaar vocht bleek het mogelijk te zijn een formule te ontwikkelen waarmee de hoeveelheid beschikbaar vocht van de andere plekken kon worden berekend aan de hand van eenvoudige profielkenmerken als het gehalte aan organische stof en het percentage deeltjes 50 μm.

Op alle 240 proefplekken werd in november 1956 de gevoeligheid voor vertrapping van het grasland door het vee bepaald. De maat

hiervoor werd verkregen door het uitoefenen van een zekere druk op de grasmat met behulp van de hak van de schoen. Hoewel deze werkwijze uiteraard subjectief is, daar het resultaat afhankelijk is van de drukintensiteit, bleek niettemin dat twee schatters, na een gezamenlijke oriëntatie op een aantal percelen met uiteenlopende gevoeligheid voor vertrapping, onafhankelijk van elkaar steeds dezelfde cijferindruk van de mogelijke vertrapping kregen. Door middel van een regressieanalyse is getracht verband te leggen tussen deze vertrappingscijfers en een aantal bodemfactoren (PIETERS, 1961).

Ad 3. Bepalingen van en aan de opbrengst. De bruto-jaaropbrengst als afhankelijke, te verklaren factor in dit onderzoek werd op de 240 proefplekken schattenderwijs bepaald door taxateurs van de Cultuurtechnische Dienst, provinciale directie Friesland, onder leiding van de heer T. Douma. Gedurende het groeiseizoen werd daartoe drie maal een bezoek gebracht aan de proefplekken, waarbij aan de hand van uiterlijke kenmerken de vermoede uiteindelijke bruto-opbrengst werd weergegeven in een cijfer tussen 0 en 100. Deze relatieve produktiecijfers werden naderhand vertaald in kilogrammen droge stof per ha met behulp van de op 76 proefplekken door maaien en wegen vastgestelde werkelijke opbrengst.

Door een correlatieberekening werd bepaald welke van de drie schattingen of welk gemiddelde het beste verband vertoonde met de gemeten opbrengst, terwijl tevens de taxatienauwkeurigheid werd vastgesteld.

Voor het bepalen van de bruto-opbrengst op de 76 proefplekken werd gebruik gemaakt van graskooien, bestaande uit een met harmonikagaas bespannen ijzeren frame van gegalvaniseerde gasbuis. Hieronder werd een oppervlakte afgeschermd van $4,20 \times 1,20 = 5,04\,m^2$.

Per proefplek werden twee kooien geplaatst, die een jaar lang op dezelfde plaats bleven staan. Het volgende jaar werden ze zodanig verplaatst dat na drie jaren de kooien gelijkmatig over de oppervlakte van de proefplek hadden gestaan, volgens het schema in fig. 2. Met dit verplaatsen kon tevens voor een groot gedeelte worden voorkomen dat de mogelijk in de loop van het jaar optredende verandering in habitus onder de kooien in vergelijking met de rest van het perceel tot

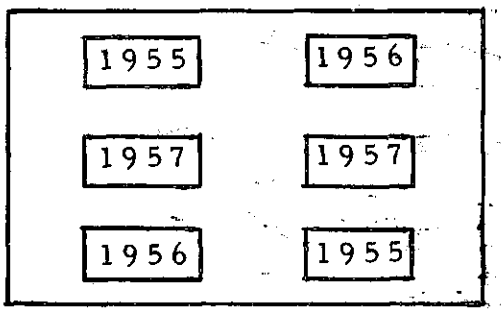


Fig. 2. Plaatsing der kooien op de proefplekken

uiting kwam in de produktie van het volgende jaar.

Het gras onder de kooien werd per jaar zes keer geoogst, van half mei tot half oktober. Dit werd gedaan door twee ploegen van twee man, die per ploeg en per dag 12-15 kooivelden konden afwerken, zodat de produktiebepaling per snede drie dagen in beslag nam. Het wegen van het gemaaide gebeurde ter plaatse waarna per kooi een gewasmonster werd getrokken waarvan in het laboratorium het gehalte aan droge stof werd bepaald en voor enkele sneden de gehalten in de droge stof aan P_2O_5, K_2O, CaO, MgO en N.

Na elke oogst ontving de oppervlakte onder iedere kooi een maaitoeslag in de vorm van kalkammonsalpeter naar 100 kg zuivere stikstof per ha per jaar, hetgeen neerkomt op 40 g kas per kooi per snede.

Door JAGTENBERG en DE BOER (1958) is gewezen op de mogelijke invloed van de overigens in proeftechnisch opzicht zeer aantrekkelijk gebleken kooien op de bruto-opbrengst van gras. De mogelijkheid is aanwezig, dat het microklimaat onder de kooi in een voor de produktie gunstige zin kan veranderen als gevolg van de windbrekende werking van de kooi. Vooral in een droog, schraal en winderig voorjaar zou dit zogenoemde kooieffect aanzienlijk kunnen zijn. Daar echter ten tijde van dit onderzoek exacte gegevens ten aanzien van dit effect ontbraken en bovendien weersomstandigheden, drogestofgehalte en vochtvoorziening van jaar tot jaar en van plek tot plek verschillen, is hier geen rekening gehouden met de eventuele invloed van de kooi op de grasproduktie eronder.

Wel is er voor gezorgd dat zoveel mogelijk droog gras werd geoogst, gewogen en bemonsterd. Tijdens of vlak na regenbuien of zware dauw werd bij voorkeur niet gemaaid om het risico van een te nat en daardoor te zwaar gewas met een ogenschijnlijk laag gehalte aan droge stof enigszins te vermijden.

3.4. De wiskundige bewerking der waarnemingsuitkomsten

Om de betrekkingen op te sporen tussen de graslandproduktie in de Friese Wouden in de jaren 1955, 1956 en 1957 en een aantal daarop invloed uitoefenende groeifactoren, is de zogenoemde polyfactoranalyse toegepast, terwijl ter bepaling van het verband tussen een aantal in het systeem grond als onafhankelijk beschouwde factoren en enkele belangrijk geachte afhankelijken als de hoeveelheid beschikbaar vocht en de gevoeligheid voor vertrapping een numeriek-grafische methode is gebruikt. Beide statistische bewerkingswijzen zullen hieronder in een kort exposé worden behandeld. Voor een meer gedetailleerde uiteenzetting moge voor de polyfactoranalyse worden verwezen naar de publikaties van VISSER (1942, 1943), HAMMING (1952) en FERRARI (1952) en voor de numeriek-grafische methode naar EZEKIEL (1953) en FERRARI en SLUIJSMANS (1955).

3.4.1. De polyfactoranalyse

Deze grafische regressie-analyse, door VISSER (1942) geïntroduceerd en o.a. door FERRARI (1952) toegepast bij het aardappelproefplekkenonderzoek in de Bommelerwaard, is geschikt om het complex van produktiebepalende factoren uiteen te rafelen, met als resultaat voor elke in de bewerking opgenomen variabele een regressielijn, aangevende het afzonderlijke aandeel, dat de betrokken factor heeft in de totstandkoming van de totale produktie bij constante andere variabelen.

De keuze der onafhankelijke factoren wordt bepaald aan de hand van het onbewerkte cijfermateriaal, waarbij een min of meer duidelijke invloed op de opbrengst in de lijn der verwachtingen ligt en uit de literatuur.

Ter vaststelling van de volgorde waarin de te beschouwen onafhankelijke variabelen in de bewerking worden betrokken is het noodzakelijk, dat vooraf de onderlinge samenhang tussen deze factoren wordt nagegaan door bepaling der rechtlijnige correlaties. Fig. 3. toont het correlatiediagram zoals dit na de factorenkeuze voor 1955 werd berekend.

Onafhankelijke factoren	pH-KCl	% humus	% afslibbaar	MgO	P citr	K getal	U cijfer	Keileem diepte	Dikte hum. laag	Afst. boerderij	Gem. grondwaterstand	Fluctuatie	Gem. corr. coëff.	Rangorde
pH-KCl		0,21	0,16	0,24	0,62	-0,05	0,01	0,32	0,07	0,34	-0,37	-0,26	0,2409	8
% humus			0,46	0,72	0,02	-0,10	0,16	-0,05	-0,26	0,15	-0,63	0,02	0,2573	10
% afslibbaar				0,56	-0,03	-0,05	0,21	-0,31	-0,12	0,14	-0,52	-0,11	0,2427	9
MgO					0,02	0,21	0,16	-0,11	-0,23	-0,03	-0,62	0,10	0,2727	11
P-citr						-0,01	0,15	0,24	-0,02	-0,13	-0,02	-0,28	0,1400	4
K-getal							-0,20	0,01	0,08	-0,33	0,24	0,07	0,1227	2
U-cijfer								0,03	0,10	0,17	0,09	-0,01	0,1172	1
keileemdiepte									0,34	0,14	0,14	0,28	0,1790	7
dikte hum. laag										-0,11	0,34	-0,04	0,1554	5
afstand boerderij											-0,19	-0,18	0,1736	6
gem. grondwaterstand												0,10	0,3009	12
fluctuatie													0,1318	3

Fig. 3. Correlatiediagram onafhankelijke factoren polyfactoranalyse 1955.

De - in dit onderzoek 12 - gekozen onafhankelijken worden vervolgens gerangschikt naar gelang van toenemende absolute waarde van hun gemiddelde, grafisch-numeriek bepaalde correlatiecoëfficiënt met de overige factoren. De factor met de kleinste gemiddelde correlatiecoëfficiënt, die dus gemiddeld de minste binding vertoont met de rest, wordt nu uitgezet in een grafiek tegen de beste taxatiemodulus. In ons geval bleek het gemiddelde van de eerste en de tweede schatting het beste verband te geven met de gewogen opbrengst op de 76 kooivelden.

Daar echter de groeifactoren niet onafhankelijk zijn, doch onderling, volgens het correlatiediagram min of meer gecorreleerd, zal het zonder meer tegen elkaar uitzetten van een bepaalde groeifactor en de te analyseren opbrengst weliswaar in vele gevallen een zekere invloed te zien geven, doch deze mag niet worden toegeschreven aan de in beschouwing genomen factor op zichzelf. Hierin zitten nl. invloeden verweven van andere, met de eerste factor gecorreleerde groeifactoren. Om deze invloeden te elimineren worden 2 factoren tegelijk in beschouwing genomen. Men zet daartoe de eerste groeifactor tegen de opbrengst uit, maar splitst het materiaal tevoren in 3 groepen, in afhankelijkheid van de grootte van een tweede, het sterkst met de eerste groeifactor gecorreleerde nevenfactor. Dit levert 3 grafieken op, resp. aangevende: opbrengst-y tegen factor x, bij lage toestand van factor x_2. y tegen x, bij middelmatige toestand van x_2 en y tegen x, bij hoge toestand van x_2(fig. 4).

Omgekeerd worden in de loop der bewerking ook de 3 grafieken gemaakt van de opbrengst y, uitgezet tegen x_2 bij drie toestanden van x. Deze beide bij elkaar behorende groepen van drie lijnen zijn te beschouwen als projecties op twee in een driedimensionale ruimte, loodrecht op elkaar aangebrachte coördinatievlakken, evenwijdig aan de opbrengstas en loodrecht op één der factor-assen.

De zes gevonden lijnen moeten, indien ze goed zijn aangebracht, te zamen deel uitmaken van een vlak, waarbij aan de hand van de negen snijpunten de meest juiste positie van de lijnen kan worden vastgesteld (fig. 5).

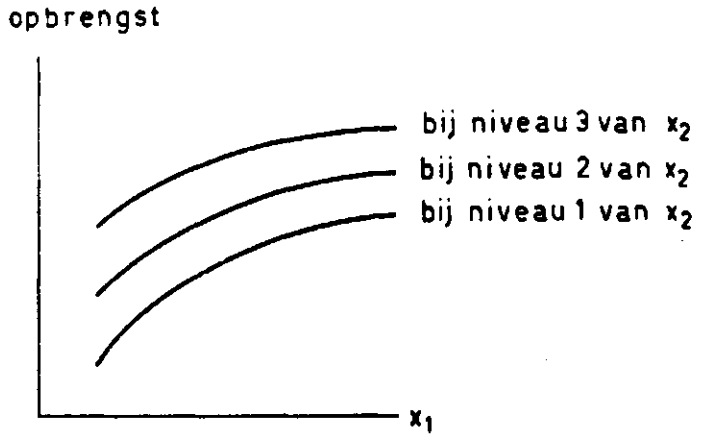


Fig. 4. Invloedslijnen van groeifactor x_1 bij verschillende niveau's van x_2, tweedimensionaal

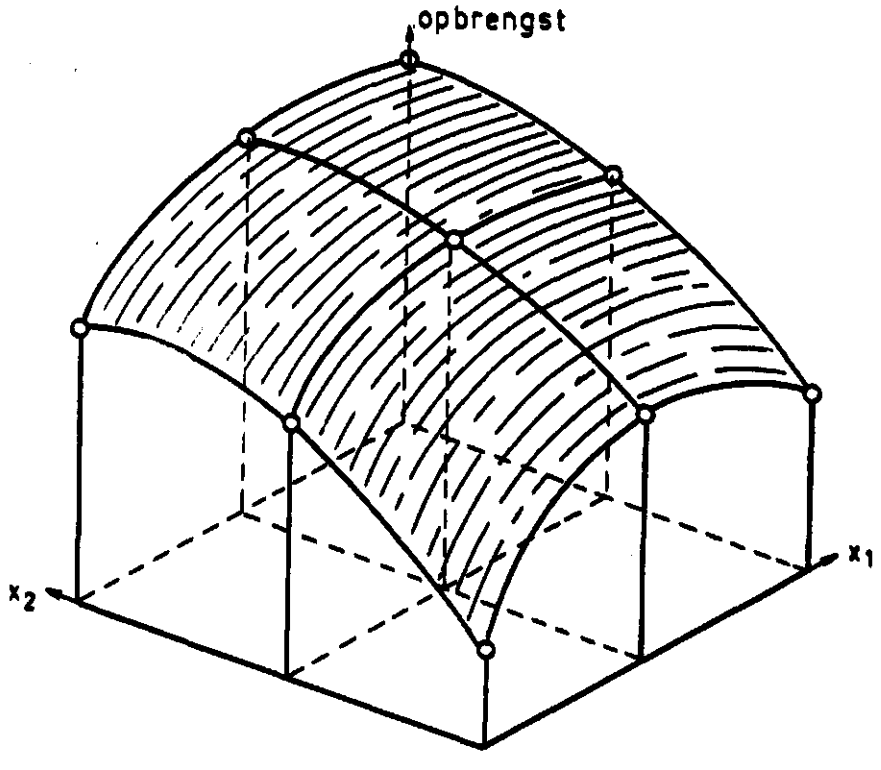


Fig. 5. Gezamenlijke invloed van x_1 en x_2 op de opbrengst, met interacties, driedimensionaal

De factor x_1, in het materiaal 1955 het U-cijfer van het zand, wordt nu achtereenvolgens tegen de opbrengst uitgezet met de nevenfactoren % afslibbaar, K-getal, % humus en afstand boerderij op drie niveau's, waarbij de volgorde wordt bepaald door de sterkte der correlaties tussen de onafhankelijke factoren. De opbrengst wordt weergegeven door het gemiddelde van de eerste en tweede taxatie. Uit de drie lijnen bij elke nevenfactor wordt één gemiddelde lijn geconstrueerd en uit deze vier nevenfactorlijnen één uiteindelijke invloedslijn van de factor U-cijfer op de opbrengstbepalende taxatie. Deze taxatiecijfers worden vervolgens gecorrigeerd op die invloed van het U-cijfer, waarbij als correctieniveau wordt aangehouden het taxatieniveau waarbij de som der positieve en negatieve correcties nul of nagenoeg nul bedraagt. Deze op U-cijfer gecorrigeerde taxatie wordt dan uitgezet tegen de groeifactor die in het correlatiediagram (fig. 3) rangorde 2 heeft gekregen, voor 1955 dus het K-getal, wederom bij drie niveau's van vier nevenfactoren, met dien verstande, dat, wanneer de taxatie reeds voor een nevenfactor zou zijn gecorrigeerd, deze correctie eerst weer ongedaan moet worden gemaakt. Dit is hier het geval bij de grafieken waarin de taxatie wordt uitgezet tegen het K-getal bij U-cijfer 1, 2 en 3. Deze lijnen waren trouwens al eerder gevonden, daar ze gebruikt moesten worden bij de vaststelling van de curven taxatie tegen U-cijfer bij K-getal 1, 2 en 3.

Successievelijk worden zo de verbanden bepaald van de taxatie met alle in de bewerking opgenomen groeifactoren, in de gegeven correlatierangorde, telkens na correctie op reeds behandelde factoren en bij de vier met de factor in kwestie gecorreleerde nevenfactoren.

Na iedere correctie op een groeifactor wordt van de taxatiekolom de variantie berekend. Deze zal steeds kleiner worden, omdat iedere correctie a.h.w. een deel van de oorspronkelijke variantie afneemt, welk gedeelte te beschouwen is als de bijdrage van de groeifactor waarop werd gecorrigeerd, tot de totstandkoming van de uiteindelijke opbrengst.

Na het beëindigen van de eerste bewerkingsronde, waarin alle groeifactoren op hun beurt met de taxatie in verband werden gebracht, wordt de hele bewerking herhaald, waarbij echter niet meer wordt

uitgegaan van de oorspronkelijke taxatie, maar van de taxatie, gecorrigeerd op alle factoren, behalve de in het geding zijnde groeifactor en zijn nevenfactoren.

Wanneer aan het einde der tweede ronde de variantie der gecorrigeerde taxatie nog steeds blijkt te dalen, wordt de bewerking nogmaals op de beschreven wijze in een derde ronde verricht. Voor alle zekerheid wordt daarna nog een vierde ronde ingezet doch in ons materiaal bleek voor alle jaren, dat de variantie in de vierde ronde niet meer kleiner werd, zodat de bewerking met het afsluiten van de derde ronde als geëindigd kon worden beschouwd.

Het eindresultaat van de polyfactor-analyse wordt gevormd door een aantal curven die de invloed van de groeifactoren op de produktie karakteriseren.

3.4.2. De numeriek-grafische bewerking

Deze regressie-analyse is in extenso beschreven door EZEKIEL (1953) en toegepast bij het onderzoek van FERRARI en SLUIJSMANS (1955). De methode is in het bijzonder geschikt ter bepaling van de invloed van een niet te groot aantal onderling gecorreleerde onafhankelijke variabelen op een afhankelijkeveranderlijke. In dit onderzoek is deze methode gebruikt bij het schattenderwijs bepalen van de hoeveelheid beschikbaar vocht in het profiel (nog niet gepubliceerd) en de verklaring van de gevoeligheid van de grasmat voor vertrapping door het vee (PIETERS, 1961).

3.5. Beschouwing over de verrichte waarnemingen

3.5.1. De weersomstandigheden tijdens het onderzoek

Mede onder invloed van de weersgesteldheid zullen de opbrengsten in een gebied van perceel tot perceel en op één perceel van jaar tot jaar variëren. Niet ieder perceel reageert op dezelfde wijze op bepaalde weersomstandigheden. Het is b.v. aannemelijk dat een "koud" perceel, dat veelal vochtig zal zijn, gevoeliger is voor de temperatuur dan voor de neerslag, terwijl omgekeerd op een "warme" grond, die dikwijls droog is, de neerslag van meer belang is.

De invloed der weersomstandigheden op de hoogte van de opbrengst is dan ook doorgaans niet als een zelfstandig gegeven te beschouwen, maar zal moeten worden bekeken in samenhang met andere groeifactoren. Voorts hangt het van de tijd van het jaar af, welke van de weersfactoren temperatuur en neerslag de meest dominerende factor zal zijn. Zo zal de grasgroei in de maanden maart tot mei grotendeels van de temperatuur en in mei tot augustus meer van het neerslagoverschot afhangen. Na augustus wordt dan, vooral in het noorden van Nederland, de temperatuur weer belangrijk.

Het maakt ook verschil of we praten over de bruto- of de netto-opbrengst. Veel vocht in de zomer zal weliswaar een hoge bruto-produktie kunnen geven, doch mogelijk met een laag gehalte aan droge stof. Op een perceel dat gevoelig is voor vertrapping zal overvloedige regenval een hoge bruto-opbrengst kunnen leveren, maar ten gevolge van de eventueel optredende vertrapping kan de netto-produktie zeer klein blijven. Voorbijgaande aan de perceelsinvloed kunnen we in het algemeen stellen, dat de verschillende uitersten van de combinatie temperatuur-neerslag de opbrengst globaal beïnvloeden, zoals aangegeven in tabel VIII, geldend voor grasland op lichte gronden. Maar meestal zal slechts gedurende korte perioden

TABEL VIII. Invloed van temperatuur en neerslag op de opbrengst bij grasland op lichte gronden

Weersgesteldheid	Bruto-opbrengst	Netto-opbrengst
warm en droog	laag	matig
koud en nat	matig	laag
warm en nat	hoog	hoog
koud en droog	laag	laag

een van deze extreme weersbeelden optreden en zullen over het gehele groeiseizoen vele overgangen de grasproduktie op een minder duidelijke wijze beïnvloeden. In grote lijnen kan worden gesteld dat warmte gunstig werkt, mits het niet te droog is en dat te lage temperaturen nadelig zijn voor de grasgroei.

Uit de hieronder volgende beschrijving van het weer gedurende het onderzoek kan mogelijkerwijs later een verklaring worden gedestilleerd voor de verschillende jaarsinvloeden van bepaalde groeifactoren.

Na de over het geheel genomen zachte, natte en sombere herfst van 1954 was de winter 1954/'55, met uitzondering van december, vrij koud. Ondanks het hoge aantal uren zonneschijn in februari 1955 bleef ook deze maand belangrijk kouder dan normaal. Het voorjaar vormde in vele opzichten een voortzetting van de winter. Het begon met een koude, maar vrij zonnige maand maart met een vrijwel normale hoeveelheid neerslag. April was zacht en droog, met ca. 46% van de normale neerslag. Mei gaf veel regen en lage temperaturen. De zomer bracht echter een wending ten goede, hoewel het in juni, met uitzondering van de laatste decade, voor de tijd van het jaar nog te koud bleef. Er was echter voldoende weidegras en de hooiopbrengsten, behalve de allervroegste, stelden niet teleur. In juli was de temperatuur gemiddeld iets boven normaal, terwijl de neerslaghoeveel ca. 60% beneden het veeljarig gemiddelde bleef; vooral de laatste decade was zeer droog. Augustus werd over het algemeen gekenmerkt door warm, droog en zonnig weer. Voor het grasland was het op vele plaatsen te droog en de voorraad weidegras was eind augustus bepaald klein. De herfst van 1955 begon met een septembermaand die iets warmer was dan normaal met een vrij grote hoeveelheid regen, die echter ten gevolge van de in de voorafgaande periode opgetreden droogte, goed door de grond werd opgenomen en zeer gunstig was voor de grasgroei op de hogere gronden. Oktober tenslotte, als laatste maand van het groeiseizoen 1955, was iets kouder dan normaal met veel neerslag.

Na een zachte, droge november begon de winter 1955/'56 met een zachte, natte maand december, welk weertype zich in januari 1956 voortzette. Het weer in februari was zeer uitzonderlijk. Een eind januari inzettende vorstperiode kon zich de hele volgende maand handhaven. Het aantal vorstdagen bedroeg 28, tegen 13 normaal. De gemiddelde maandtemperatuur bedroeg -5,8°C, d.i. 8,4°C onder normaal. Het aantal uren zonneschijn was 48% boven normaal en de hoeveelheid neerslag slechts de helft van de normale. In maart, de eerste voorjaarsmaand, viel de normale hoeveelheid neerslag nagenoeg geheel in de eerste decade. De temperatuur was normaal. April was koud en droog en door het schrale weer vertoonde het grasland weinig groei. In mei was de temperatuur vrijwel normaal. De hoeveelheid neerslag bedroeg in het noorden 88% van normaal en viel grotendeels in de derde decade. De ontwikkeling der gewassen bleef

traag. In juni, de eerste zomermaand, was de temperatuur gemiddeld 2,5°C te laag en het weer was somber en nat. Juli deed het nog slechter. Er viel in deze maand 50% meer neerslag dan normaal en de temperatuur was 1,2°C te laag. Hoewel de grasgroei goed was, had men op verscheidene percelen met wateroverlast te kampen, waardoor het vaak noodzakelijk was het vee uit de weide te verwijderen om vertrapping van de zode te voorkomen. Ook augustus bleef koud, nat en somber. Er viel in Friesland tweemaal de normale hoeveelheid regen. De temperatuur bleef 3°C onder het veeljarig gemiddelde. De herfst begon met een droge, sombere, maar tamelijk warme septembermaand. In de derde decade herstelde de grasgroei die door het teveel aan neerslag en de koude had geleden, zich snel, maar helaas wat laat. Oktober gaf wat meer regen dan normaal bij normale temperaturen, behalve in de laatste decade. November bleef te droog bij iets te lage temperaturen en werd gevolgd door een zachte decembermaand met een normale hoeveelheid neerslag. De maanden januari, februari en maart 1957 waren zacht en regenrijk. Daarop volgde een periode van vrij droog, schraal weer met veel zonneschijn, waarna in de loop van juli een grote regentijd begon, waarin tot eind september ruim 80% teveel regen viel bij overigens vrij normale temperaturen. Er groeide dan ook veel gras, dat echter niet overal ten volle kon worden benut ten gevolge van drassigheid, overstromingen en vertrapping. Oktober 1957 tenslotte, als laatste maand van het groeiseizoen in het laatste jaar van dit onderzoek, was aan de droge en warme kant.

Als numerieke samenvatting van de weersgesteldheid in 1955, 1956 en 1957 in de Friese Wouden geven we in tabel IX een overzicht van neerslag en temperatuur, met de afwijkingen van het 30-jarig gemiddelde.

In woorden samengevat: 1956 en 1957 waren zeer regenrijk, 1955 was ongeveer normaal wat de regenval betreft. In 1955 viel in de maanden mei, september en oktober meer regen dan normaal; april, juli en augustus waren vrij droog tot droog te noemen. Zowel in 1956 als 1957 viel de overmaat regen na juni. Mei en juni 1956 en mei 1957 vertoonden een vrij normale regenval terwijl april en september 1956 en april, juni en oktober 1957 vrij droog tot droog zijn geweest. De temperatuur was in 1957 ongeveer normaal, in 1955 iets en in 1956 ver beneden het

TABEL IX. Overzicht weersgesteldheid 1955-1957, de waarnemingsstations Eelde en Joure gemiddeld

Maand	1955						1956						1957						Nederland	
	neer-slag	N-30	afwij-king	gem. overdag temp.T	T-30	afwij-king	N	N-30	afw.	T	T-30	afw.	N	N-30	afw.	T	T-30	afw.	neer-slag N-30	gem. overd. T. T-30
jan.	58	55	+3	0,0	1,5	-1,5	112	55	+57	2,0	1,5	+0,5	46	55	-9	3,4	1,5	+1,9	58	3,8
feb.	52	44	+8	-0,3	2,0	-2,3	23	44	-21	-6,0	2,0	-8,0	82	44	+38	4,8	2,0	+2,4	45	5,5
mrt.	39	36	+3	1,8	5,0	-3,2	36	36	0	5,0	5,0	0	63	36	+27	7,7	5,0	+2,7	38	8,7
apr.	24	48	-24	8,6	8,9	-0,3	25	48	-23	6,2	8,9	-2,7	12	48	-36	9,3	8,9	+0,4	48	9,6
mei	78	51	+27	10,6	13,4	-2,8	45	51	-6	13,5	13,4	+0,1	40	51	-11	11,6	13,4	-1,8	51	11,8
juni	55	52	+3	15,0	16,3	-1,3	47	52	-5	14,1	16,3	-2,2	34	52	-18	17,7	16,3	+1,4	54	18,3
juli	27	76	-49	18,7	18,3	+0,4	112	76	+36	17,3	18,3	-1,0	121	76	+45	18,4	18,3	+0,1	72	18,9
aug.	63	79	-16	19,5	17,9	+1,6	158	79	+79	14,9	17,9	-3,0	139	79	+60	16,7	17,9	-1,2	75	17,0
sept.	62	69	+13	15,7	14,9	+0,8	45	69	-24	15,2	14,9	+0,3	150	69	+81	13,3	14,9	-1,6	71	13,6
okt.	111	72	+39	10,0	10,1	-0,1	94	72	+22	10,2	10,1	+0,1	65	72	-7	11,3	10,1	+1,2	73	11,5
nov.	30	71	-41	7,1	5,5	+1,6	43	71	-28	5,1	5,5	-0,4	74	71	+3	6,0	5,5	+0,5	74	6,5
dec.	73	56	+17	4,5	2,5	+2,0	55	56	-1	4,8	2,5	+2,3	49	56	-7	2,8	2,5	+0,3	59	3,2
Σ	692	709	-17				795	709	+86				875	709	+166				718	

veeljarig gemiddelde. Speciaal vallen op de koude maanden april 1956, mei 1955 en 1957, juni 1955 en 1956, augustus 1956 en 1957 en september 1957; augustus 1955 en juni en oktober 1957 waren vrij warm tot warm.

De percentages zonneschijn, gemeten te Eelde en vergeleken met het normale gemiddelde aldaar en met het landsgemiddelde staan aangegeven in Tabel X.

TABEL X. Zonneschijnpercentages te Eelde, 1955-1957

maand	1955	1956	1957	Eelde normaal	Lands-gemidd.
jan.	16	23	19	18	20
febr.	39	37	15	24	26
mrt.	40	36	20	31	35
apr.	39	34	52	36	38
mei	39	44	38	42	44
jun.	39	31	54	40	44
jul.	45	24	35	39	42
aug.	51	35	33	40	43
sept.	34	33	25	37	39
okt.	28	25	25	29	31
nov.	26	24	14	18	19
dec.	13	9	18	17	17
Σapr.-okt.	275	226	262	263	281

Het groeiseizoen 1955 was zonniger dan normaal, 1956 toonde zich uitgesproken somber en 1957 was, wat de zonneschijn betreft een gemiddeld jaar. Opvallende maanden waren augustus 1955 en april en juni 1957 met veel zon, terwijl in juni en juli 1956 en in september 1957 zeer veel bewolking optrad.

In de maanden april t/m oktober viel in 1955, 1956 en 1957 in totaal resp. 440, 526 en 561 mm neerslag, hetgeen overeenkomt met resp. 98, 118 en 126% van het 30-jarig gemiddelde. Het begin van de grasgroei in het voorjaar kon schattenderwijs voor 1955 worden gesteld op half april, hetgeen zeer laat is, voor 1956 op begin april en voor 1957 op eind maart.

3.5.2. De resultaten van het grondonderzoek

Ter beoordeling van de chemische bodemvruchtbaarheid werden in de nazomer van 1955 van alle proefplekken de gehalten in de bovenste 5 cm bepaald aan koolzure kalk, humus, afslibbare delen, totaal zand en magnesium, benevens de pH-KCl, het P-getal, het P-citroen en het K-gehalte.

Het gehalte aan koolzure kalk mocht - zoals te verwachten was - praktisch worden verwaarloosd. Het bedroeg ten hoogste 0,1%.

Het humusgehalte lag voor het merendeel der proefplekken (205) tussen 6 en 14%, met op de veengronden enkele uitschieters met gehalten aan organische stof van meer dan 24%. De verdeling is aangegeven in tabel XI.

TABEL XI. Verdeling van het humusgehalte over de proefplekken

Humusgehalte, %	Aantal	%
6-8,0	23	10
8,1-10,0	69	29
10,1-12,0	75	31
12,1-14,0	39	16
14,1-20,0	20	8
20,1-24,0	6	3
>24,0	8	3
totaal	240	100

Het gehalte aan afslibbare delen varieerde van minder dan 5% tot meer dan 20%. De laagste waarde bedroeg 2%, de hoogste 30%. De verdeling is aangegeven in tabel XII.

TABEL XII. Verdeling van het gehalte aan afslibbare delen over de proefplekken

Slibgehalte, %	Aantal	%
<5	7	3
5-10	101	42
11-15	99	41
16-20	23	10
>20	10	4
totaal	240	100

Het gehalte aan totaal zand lag tussen 90 en 50%, in afhankelijkheid van humus- en slibgehalte, met uitzondering van enkele zeer venige en slibrijke percelen, waar, bij gehalten aan organische stof van meer dan 50% en slibgehalte boven 20%, gehalten aan totaal zand voorkwamen van slechts 15-20%. Een overzicht van de zandcijfers toont tabel XIII.

TABEL XIII. Verdeling van het gehalte aan totaal zand over de proefplekken

Gehalte aan totaal zand, %	Aantal	%
<50	6	2,5
50-60	5	2,5
60-70	18	7,5
70-80	143	59,5
80-90	68	28
totaal	240	100

Het magnesiumgehalte, dat werd bepaald in mg MgO per kg grond of d.p.m. liep uiteen van minder dan 100 tot boven 280. Het laagste MgO-gehalte bedroeg 60, het hoogste 370 d.p.m. De verdeling was als aangegeven in tabel XIV.

TABEL XIV. Verdeling van het MgO-gehalte over de proefplekken

Gehalte aan MgO in d.p.m.	Aantal	%
<100	36	15
101-160	106	44
161-220	69	29
221-280	21	9
>280	8	3
totaal	240	100

Extreem lage of hoge waarden van de zuurgraad werden vrijwel niet waargenomen. Eén venig en slibrijk perceel had een pH-KCl 6,3; 7 proefplekken waren veel te zuur en hadden een pH-KCl <4,4. De laagste geconstateerde pH-KCl bedroeg 4,0 op een plek die in alle opzichten een indruk van verwaarlozing maakte.

Over het algemeen echter was de zuurgraad van de in dit onderzoek betrokken percelen goed tot vrij hoog. Een overzicht van de zuurgraadverdeling geeft tabel XV.

TABEL XV. Verdeling van de pH-KCl-cijfers over de proefplekken

pH-KCl waardering	Aantal	%
te laag <4,4	7	3
vrij laag 4,4-4,7	28	12
goed 4,8-5,5	156	65
vrij hoog 5,6-6,1	46	19
hoog >6,1	3	1
totaal	240	100

Het vermoeden, dat de dicht bij de boerderij gelegen, veelal hoger gelegen, drogere percelen over het algemeen een lagere pH-KCl zouden bezitten dan de ver van de bedrijfsgebouwen liggende, vaak lage en venige proefplekken, werd enigszins bevestigd (tabel XVI). Vermoedelijk speelt de bij toenemende afstand afnemende verzorgingsneiging hierbij een nivellerende rol. Van de plekken die minder dan 100 m van de boerderij lagen, was 18% te zuur en had 7% een hoge pH-KCl; van de meest verre percelen, die meer dan 2 km van de bedrijfsgebouwen lagen, bezat 21% een hoge pH en was 16% te zuur.

De fosfaattoestand werd uitgedrukt in P-getal en P-citr. Het thans gebruikelijke P-AL-getal werd ten tijde van het onderzoek nog niet bepaald. Om toch in staat te zijn een overzicht te geven van de gangbare waardering volgens P-AL, zijn uit de beschikbare P-citr-cijfers de corresponderende P-AL-getallen berekend volgens P-AL = a x P-citr, waarbij de vermenigvuldigheidsfactor a afhankelijk is van het humusgehalte. Voor het $CaCO_3$-gehalte was geen correctie noodzakelijk.

TABEL XVI. Verband pH-KCl en afstand boerderij

Afstand boerderij in m	% percelen met pH-KCl <4,8	4,8-5,6	>5,6
0- 100	18	75	7
100- 500	19	64	17
500-1000	9	77	14
1000-2000	8	72	20
>2000	16	63	21

Volgens de oude P-citr-waardering had 23% van de proefplekken een lage tot zeer lage fosfaattoestand, in P-AL-termen uitgedrukt was 35% vrij laag tot laag te noemen (tabel XVII en XVIII).

Overigens moet worden bedacht dat de P-AL-cijfers hier niet exact zijn bepaald, doch slechts globaal berekend.

TABEL XVII. Verdeling van de P-citr-cijfers over de proefplekken

P-citr-waardering	Aantal	%
zeer laag <21	15	6
laag 21-35	40	17
middelm. 36-60	109	45
vrij hoog 61-90	55	23
zeer hoog >90	21	9
totaal	240	100

TABEL XVIII. Verdeling van de P-Al-cijfers over de proefplekken

P-AL-waardering	Aantal	%
te laag <18	24	10
vrij laag 18-29	60	25
goed 30-39	48	20
vrij hoog 40-55	65	27
hoog >55	43	18
totaal	240	100

Vergelijking van P-citr met P-AL toont voor dit onderzoek, dat de frequentiekromme van P-AL vlakker is dan voor P-citr. Bij omzetting van P-citr in P-AL wordt de P-toestand-waardering van het geheel in zoverre gewijzigd, dat de hoge en lage toestanden meer geprononceerd naar voren komen.

Beschouwing van tabel XIX, aangevende het verband tussen de fosfaattoestand uitgedrukt in P-citr en de afstand tot de boerderij, leert, dat een grotere afstand tot de bedrijfsgebouwen over het algemeen geen slechtere verzorging met fosfaat tot gevolg heeft. Niettegenstaande de hogere fosfaatbehoefte van de veelal ver van de boerderij liggende hooilanden blijkt zelfs dat de fosfaattoestand aldaar over het algemeen hoger is dan die van de proefplekken die dicht bij de bedrijfsgebouwen liggen.

TABEL XIX. Verband P-citr en afstand boerderij

Afstand	% percelen met P-citr		
boerderij in m	<60	60-90	>90
0- 100	73	22	5
100- 500	72	22	6
500-1000	60	33	7
1000-2000	64	12	24
>2000	53	32	15

De kalitoestand werd uitgedrukt in het K-getal, berekend uit het K-HCl-cijfer en het organische-stofgehalte. Op 65% van het aantal proefplekken was de kalitoestand goed tot ruim, 18% had een laag kaligetal, terwijl 17% der percelen zo ruim in hun kali zaten, dat van te hoog of veel te hoog kon worden gesproken (tabel XX).

Ten aanzien van de kalitoestand was er een duidelijk verband te zien tussen bemesting en afstand boerderij. De gewoonte om de inhoud van de dikwijls te kleine gierkelders op de dichtbij gelegen en daardoor veelal beter bereikbare percelen uit te rijden, vindt haar terugslag in de hogere K-cijfers van de huispercelen. Van de proefplekken, gelegen op minder dan 100 m van de boerderij heeft liefst 54% een hoog tot veel te hoog kaligetal; voor de percelen die meer dan 2 km van de bedrijfsgebouwen liggen, bedraagt dit percentage slechts 15, terwijl hier 45% een lage kalitoestand heeft (tabel XXI).

TABEL XX. Verdeling van de K-getallen over de proefplekken

K-getal-waardering	Aantal	%
laag <16	43	18
goed 16-25	94	39
hoog 26-35	61	26
te hoog 36-45	27	11
veel te hoog >45	15	6
totaal	240	100

TABEL XXI. Verband K-getal en afstand boerderij

Afstand	% percelen met K-getal		
boerderij in m	<16	16-25	>25
0- 100	14	32	54
100- 500	6	40	54
500-1000	21	43	36
1000-2000	32	44	24
2000	45	40	15

Het geheel van het grondonderzoek overziende, kan worden gesteld, dat, afgezien van de zuurgraad, die over het algemeen goed ligt voor grasland, de kali- en fosfaatcijfers dermate verspreid liggen, dat naast een redelijk percentage met waardering "goed", veel gevallen voorkomen met te hoge of te lage toestanden met alle gevolgen van dien. Wij hopen het belang van een rationeel bemestingsbeleid bij de bespreking van de invloed der diverse factoren op de produktie tot uitdrukking te kunnen brengen.

3.5.3. Het vaststellen van de opbrengst der proefplekken

Daar het niet uitvoerbaar was op alle 240 veldjes periodieke wegingen te verrichten, werd de bruto grasproduktie bepaald door middel van een visuele schatting. Deze opbrengsttaxatie, uitgevoerd door specialisten van de Cultuurtechnische Dienst, werd uitgedrukt in een schaal van 0 tot 100. Telkenjare werd op iedere proefplek in voorjaar, zomer en herfst een schattingscijfer vastgesteld. Op 76

representatieve veldjes werd de bruto-opbrengst tevens gewogen, waarbij het gras onder twee kooien zes maal per jaar werd gemaaid. De middelbare fout in deze opbrengstbepaling, de weegfout, kan worden berekend volgens

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{2n}}$$

waarin d het verschil in jaaropbrengst aangeeft tussen de twee kooien op één veld en n het aantal velden (= 76). Voor 1955, 1956 en 1957 bedroeg s resp. 630, 525 en 537 kg droge stof per ha, hetgeen, uitgedrukt in procenten van de gemiddelde opbrengst, neerkomt op resp. 5,4, 4,2 en 4,4%. Met behulp van de 76 gewogen jaaropbrengsten was het mogelijk de nauwkeurigheid van de schatting te toetsen en de taxatiecijfers om te rekenen in kg droge stof per ha. Hiertoe worden allereerst voor ieder proefjaar de correlatiecoëfficiënten bepaald tussen de gewogen opbrengst en de taxaties. Voor 1955 is dit correlatiediagram aangegeven in fig. 6.

	gewogen opbrengst	1e schatting	2e schatting	3e schatting	$\frac{1e+2e}{2}$	$\frac{1e+3e}{2}$	$\frac{2e+3e}{2}$
gewogen opbrengst		0,55	0,70	0,64	0,68	0,62	0,70
1e schatting			0,70	0,82	0,93	0,96	0,79
2e schatting				0,85	0,92	0,81	0,96
3e schatting					0,91	0,95	0,96
$\frac{1e+2e \text{ schatting}}{2}$						0,96	0,95
$\frac{1e+3e \text{ schatting}}{2}$							0,67
$\frac{2e+3e \text{ schatting}}{2}$							

Fig. 6. Correlatie-diagram gewogen opbrengst-taxaties 1955.

Als de beste taxatie is uiteindelijk aangehouden het gemiddelde van de eerste en de tweede schatting, dat met de gemeten opbrengst een correlatiecoëfficiënt 0,68 had. De derde schatting kon niet op alle

proefplekken worden verricht. Door middel van een lijnvereffening werd het lineaire verband bepaald tussen de taxaties en de gewogen opbrengst waarna de schattingen met behulp van de aan de hand van de vereffening getrokken ijklijn in kg droge stof per ha konden worden omgezet. Fig. 7 toont de taxatie-opbrengstlijnen voor de drie proefjaren.

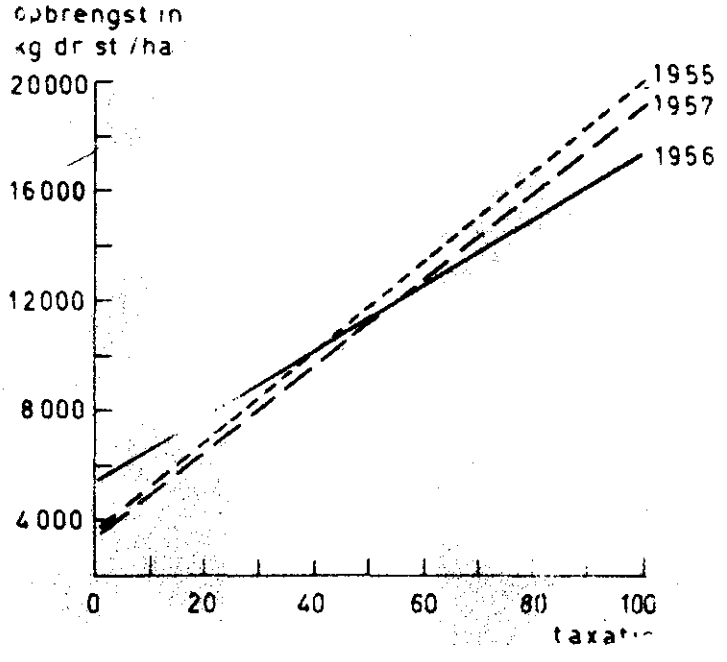


Fig. 7. Verband taxatie gewogen opbrengst 1955-1957

In 1955 bedroeg de totale schattingsfout 1702 kg droge stof per ha, de gemiddelde schatting was 49 eenheden, terwijl 1 schattingseenheid overeenkwam met 163 kg droge stof per ha. In tabel XXII is de nauwkeurigheidsberekening van de opbrengstschatting samengevat over de jaren 1955, 1956 en 1957. De correlatie gewogen opbrengst (1e tax. + 2e tax.)/2 bedroeg voor de jaren 1955, 1956 en 1957 resp. 0,68, 0,57 en 0,65.

Wanneer we een vergelijking trekken met de taxaties, verricht ten behoeve van het proefplekkenonderzoek op grasland in de Gelderse Vallei (FERRARI, 1953), dan blijkt dat de gemiddelde totale schattingsfout in dit laatste gebied 1100 kg droge stof per ha

TABEL XXII. Nauwkeurigheid van de opbrengstschatting, 1955 t/m 1957.

Jaar	Correlatie gew. opbrengst $\frac{1e+2e\ tax.}{2}$	Opbrengstspreiding in kg dr. st./ha	Gem. gewogen opbrengst per veld in kg dr. st./ha	Gemiddelde schatting
1955	0,68	7500-15200	11600	49
1956	0,57	8300-17100	12400	54
1957	0,65	7300-16300	12300	57

Jaar	Middelbare fout in de opbrengstbep.	1 schattingseenheid in kg dr. st./ha	Totale schattingsfout in kg dr. st/ha	Totale schattingsfout in % v.d. opbrengstspreiding (in % v.d. gem. opbr.)	Verhouding schattingsfout/weegfout	Opbrengst kg dr. st/ha bij schatting= 0
1955	630	163	1702	22,1 (14,7)	2,70	3600
1956	525	120	1428	16,2 (11,5)	2,72	5400
1957	537	158	1922	21,4 (15,6)	3,58	3250

bedroeg tegen 1683 in de Friese Wouden. Vermoedelijk is de nauwkeurigheid der schatting in de Friese Wouden in ongunstige zin beïnvloed door het zeer wisselvallige weer gedurende het groeiseizoen en de reactie hierop, die, ten aanzien van de drogestofproduktie op verschillende en blijkbaar moeilijk te voorspellen wijze heeft plaats gevonden bij enkele in dit onderzoek betrokken profielgroepen.

3.6. Bespreking van de resultaten der polyfactoranalysen

3.6.1. De betrouwbaarheid der gevonden invloeden op de opbrengst

Voor ieder onderzoekjaar werd een matrix opgesteld, bestaande uit 12 correctiewaardekolommen (één voor elke in de bewerking opgenomen onafhankelijke factoren) en 1 opbrengstkolom, te zamen 13 factoren voor 240 proefplekken. Uit deze matrices werd voor iedere groeifactor de regressiecoëfficient $\bar{a}_i$ met de standaardafwijking $S_{\bar{a}_i}$ berekend. Deze waarden zijn samengevat in tabel XXIII. Tevens zijn hierbij de grezen a_i' en a_i'' aangegeven, die behoren bij een tweezijdige overschrijdingskans $p = 0{,}05$, waarbij $a_i' = \bar{a}_i - 2\,S_{\bar{a}_i}$ en $a_i'' = \bar{a}_i + 2\,S_{\bar{a}_i}$. Zou de waarde 0 binnen deze grenzen liggen, dan kunnen we de vermeende invloed van de factor i gevoeglijk buiten beschouwing laten. Uit de eveneens in tabel XXIII opgenomen waarde $p(a_i' = 0 \text{ en } a_i'' = \infty)$ volgt tenslotte nogmaals de betrouwbaarheid van de gevonden invloed van factor i op de opbrengst. Voor een gedetailleerde behandeling van de toegepaste controlemethoden moge worden verwezen naar (FERRARI, 1952, hoofdstuk VII).

Wanneer we de betrouwbaarheidsberekening van de drie polyfactoranalyse resumeren, ontstaat tabel XXIV, waarin voor elke in de bewerking opgenomen groeifactor wordt aangegeven of de vooraf vermeende invloed al of niet betrouwbaar is gebleken in de drie jaren van onderzoek.

TABEL XXIII. De beste schatting van a_i met de standaardafwijking S_{a_i}, de grenzen a_i' en a_i'' bij p = 0,05 (tweezijdig) en de eenzijdige $p(a_i' = o$ en $a_i'' = \infty)$

Groeifactor	$\bar{a}_i$	S_{a_i}	a_i'	a_i''	$p\ a_i' = o$ $a_i'' = \infty$	Invloed*	Jaar
U-cijfer	0,766	0,597	-0,428	1,960	0,100	-	1955
K-getal	0,622	0,260	0,102	1,142	0,008	+	
Fluctuatie grwst.	0,993	0,420	0,153	1,833	0,009	+	
P-citr	1,109	0,420	0,269	1,949	0,004	+	
dikte hum. laag	0,185	0,736	-1,287	1,657	0,401	-	
afst. boerderij	0,937	0,455	0,027	1,847	0,020	+	
werk. keileemdiepte	1,372	0,975	-0,578	3,322	0,079	-	
pH-KCl	2,236	0,654	0,928	3,544	0,0003	+	
% afslibbaar	0,738	0,508	-0,278	1,754	0,074	-	
% humus	1,478	0,853	-0,228	3,184	0,042	-	
MgO-gehalte	1,014	1,033	-1,052	3,080	0,164	-	
gem. grondwaterst.	1,630	0,273	1,084	2,176	0,000	+	
U-cijfer	0,212	0,734	-1,256	1,680	0,386	-	1956
P-citr	1,973	0,574	0,825	3,121	0,0003	+	
K-getal	0,837	0,255	0,327	1,347	0,0005	+	
afst. boerderij	1,283	0,389	0,505	2,061	0,0005	+	
dikte hum. laag	1,127	0,583	-0,039	2,293	0,027	-	
fluctuatie grwst.	1,041	1,082	-0,082	3,205	0,169	-	
werk. keileemdiepte	0,964	0,393	0,178	1,750	0,007	+	
% afslibbaar	2,222	0,827	0,568	3,876	0,004	+	
pH-KCl	1,872	0,283	1,306	2,438	0,000	+	
Mgo-geh.	1,427	0,731	-0,035	2,889	0,026	-	
% humus	1,967	1,159	-0,351	4,285	0,045	-	
gem. grondwaterst.	2,259	0,373	1,513	3,005	0,000	+	
U-cijfer	0,587	3,499	-6,411	7,585	0,433	-	1957
P-citr	2,005	0,519	0,967	3,043	0,000	+	
K-getal	0,733	0,220	0,293	1,173	0,000	+	
werk. keileemdiepte	1,034	0,422	0,190	1,878	0,007	+	
afst. boerderij	0,796	0,438	-0,080	1,672	0,034	-	
dikte hum. laag	0,720	0,894	-1,068	2,508	0,209	-	
pH-KCl	1,204	0,212	0,780	1,628	0,000	+	
fluctuatie	2,206	1,436	-0,666	5,078	0,062	-	
% afslibbaar	0,629	0,486	-0,343	1,601	0,099	-	
MgO	0,987	0,359	0,269	1,705	0,003	+	
% humus	1,433	0,742	-0,051	2,917	0,027	-	
gem. grondwaterst.	1,660	0,379	0,902	2,420	0,000	+	

* invloed betrouwbaar = +
invloed onbetrouwbaar = -

TABEL XXIV. Samenvatting der resultaten van de betrouwbaarheidsberekening der polyfactor-analyses 1955, 1956 en 1957 voor de 12 in beschouwing genomen groeifactoren.
Betrouwbare invloed op de opbrengst = +
Onbetrouwbare invloed op de opbrengst = -

Groeifactor	Invloed al of niet betrouwbaar		
	1955	1956	1957
U-cijfer	-	-	-
K-getal	+	+	+
fluctuatie	+	-	-
P-citr	+	+	+
dikte hum. laag	-	-	-
afst. boerderij	+	+	-
werk. keileemdiepte	-	+	+
pH-KCl	+	+	+
% afslibbaar	-	+	-
% humus	-	-	-
MgO	-	-	+
gem. grondwaterst.	+	+	+

Er zijn dus vier factoren aan te wijzen, die in alle drie proefjaren een betrouwbare invloed uitoefenen op de hoogte van de opbrengst aan droge stof, t.w. het K-getal, het P-citr-getal, de pH-KCl en de gemiddelde grondwaterstand. Van drie factoren, nl. het U-cijfer van het zand, de dikte van de humeuze laag en het humusgehalte, moet op grond van de controle-berekening worden aangenomen, dat zij niet of in geringe mate deel hebben gehad aan het tot stand komen van de opbrengst. De overige vijf factoren tenslotte hebben wel invloed gehad, doch niet in alle jaren aantoonbaar. De afstand van het perceel tot de boerderij en de waargenomen diepte van de keileemlaag deden hun invloed gelden in twee van de drie jaren, het gehalte aan MgO van de grond, het percentage afslibbaar materiaal en de grondwaterstandsfluctuatie waren slechts in één jaar van belang voor de produktie. Het gedrag van deze ten dele betrouwbare factoren ten opzichte van de jaren is voorshands niet duidelijk. In de paragrafen 4.6.2. t/m 4.6.13 zullen de gevonden invloedslijnen der afzonderlijke groeifactoren nader worden besproken en zo mogelijk verklaard.

De waarde van de berekende regressiecoëfficient a_i is van betekenis voor de betrouwbaarheid van de grafisch gevonden invloedskromme van een groeifactor. Door alle bij een bepaalde factor behorende opbrengstcorrecties te vermenigvuldigen met de voor deze factor geldende $\bar{a}_i$-waarde, wordt de beste schatting verkregen van de invloed van die factor op de opbrengst.

De vraag, in hoeverre de opbrengstspreiding in het onderzochte gebied kan worden verklaard door de gekozen groeifactoren, zal worden beantwoord in hoofdstuk 4 (samenvatting en conclusies).

3.6.2. De invloed van het U-cijfer van het zand

Ter karakterisering van de granulaire samenstelling van het zand, dus de minerale deeltjes $>16\,\mu m$, is gebruik gemaakt van het U-cijfer, als maat voor de fijnheid van het zand.

Het gemiddelde U-cijfer van de onderzochte proefplekken bedroeg 112, waarmee het zand in de Friese Wouden wordt gekenschetst als matig fijn tot zeer fijn. De frequentieverdeling in fig. 8 laat zien hoe de spreiding in U-cijfer is over de 240 proefplekken.

Het laagste waargenomen U-cijfer bedroeg 74, het hoogste 183. Lage U-cijfers (<90) worden doorgaans aangetroffen op de natig humeuze zandkeileemgronden en in enkele woudzandprofielen; hoge U-cijfers (>140) komen over het algemeen voor op de sterk humeuze fijnzandige gronden, de bruine en gebleekte woudzanden en in de veenprofielen.

Het U-cijfer van het zand is van invloed op de waterhuishouding van de grond. De doorlatendheid van de bodem, de maximale capillaire stijghoogte van het grondwater en de hoeveelheid hangwater zijn ten dele afhankelijk van de fijnheid van het zand. Theoretisch geldt: hoe fijner het zand, hoe groter de maximale capillaire stijghoogte en des te meer hangwater kan de grond vasthouden. M.a.w. het U-cijfer is van betekenis voor de vochthoudendheid van een zandgrond en zou daardoor van invloed kunnen zijn op de opbrengst. De om deze redenen in de bewerking opgenomen zandkarakteristiek bleek echter in de drie jaren van onderzoek geen betrouwbare invloed te hebben op de grasproduktie. De gevonden en gecorrigeerde lijnen zijn afgebeeld in fig. 9.

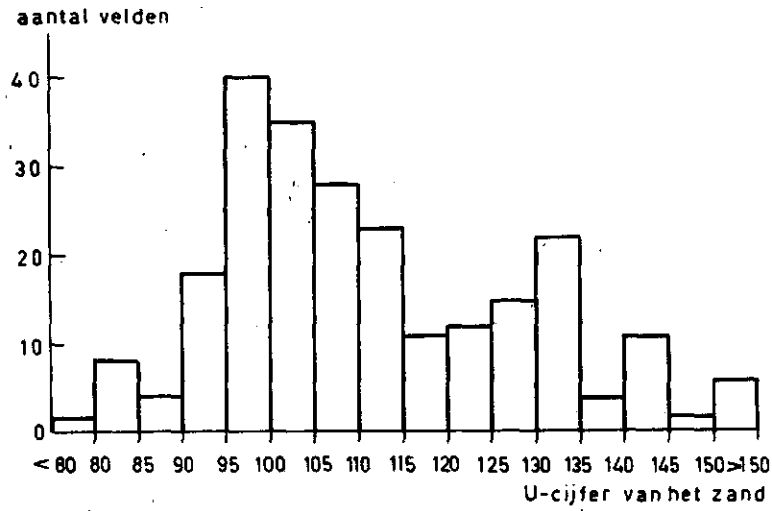


Fig. 8. Frequentieverdeling van het U-cijfer van het zand

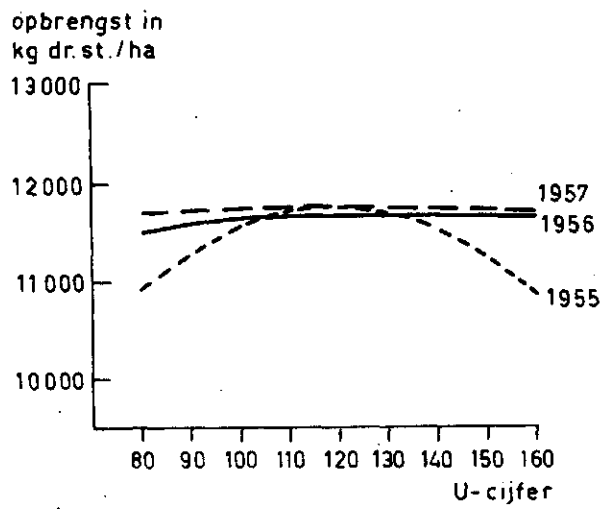


Fig. 9. Invloed van het U-cijfer van het zand op de opbrengst

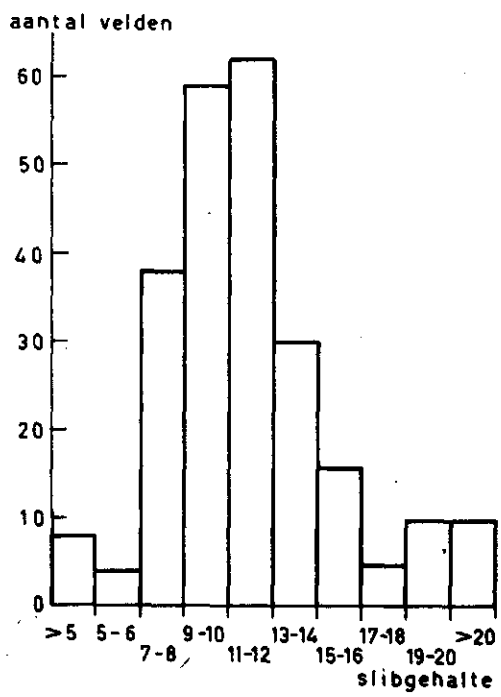


Fig. 10. De slibgehalten van de proefplekken

Bij beschouwing van deze curven valt op, dat in de natte tot zeer natte jaren 1956 en 1957 de gevonden invloed inderdaad nihil was, gezien het vrijwel horizontale verloop der lijnen, terwijl de evenzeer onbetrouwbaar gebleken 1955-curve nochtans de tendens vertoont dat U-cijfers van 110-130 via de waterhuishouding in gunstige zin zouden kunnen werken op de produktie. Bij lagere U-cijfers werkt wellicht in droge jaren de kleinere capillaire stijghoogte belemmerend op de produktie; bij hogere U-cijfers zou misschien de weliswaar grotere doch in die gevallen te langzaam tot stand komende maximale stijghoogte een rol kunnen spelen.

Aangezien echter de gevonden invloeden alle niet betrouwbaar waren, mogen uit de loop der curven geen conclusies worden getrokken omtrent het belang van de fijnheid van het zand in het profiel voor de grootte van de opbrengst.

3.6.3. De invloed van het slibgehalte van de grond

Het gehalte aan afslibbare delen bepaalt naast zand, humus en kalk de mechanische samenstelling van de grond. De slibfractie bevat alle minerale deeltjes $<16\ \mu m$, nl. de kleifractie (deeltjes $<2\ \mu m$) en een gedeelte van de leemfractie (2-50 μm). Alle in het onderzoek betrokken vegetatieprofielen zijn sterk tot zwak lemig, ook de veengronden. De frequentie-verdeling van fig. 10 geeft een beeld van de spreiding in slibgehalte over het gebied.

Het laagste aangetroffen gehalte aan afslibbare delen bedroeg 2% op een perceel met een veenontginningsbovengrond en als vegetatieprofiel een middelhoge heidezandgrond met een keileemlaag op meer dan 125 cm diepte; het hoogste slibgehalte was 30% op eveneens een veenontginningsbovengrond maar met als vegetatieprofiel een diepe veenlaag. Ook op deze laatste proefplek lag de keileemlaag dieper dan 125 cm beneden het maaiveld. Gemiddeld over alle proefplekken bedroeg het gehalte aan afslibbare delen 11,6%. De plekken met meer dan 20% slib hebben een jonge ontginningsbovengrond met een diepe veenlaag of het zijn percelen met een veenontginningsbovengrond met beekleem of een min of meer diepe veenlaag. De lage slibgehalten van 5% en minder vinden we uitsluitend op de middelhoge heidepodzolen.

In de voor het merendeel fijnzandige lemige zandgronden van dit gebied heeft, naast het humusgehalte, het gehalte aan afslibbare delen, als onderdeel van de fractie <50 µm, invloed op de hoeveelheid beschikbaar vocht in het profiel. Dat deze via de vochtvoorziening werkende invloed van het slibgehalte op de opbrengst in twee van de drie jaren (1955 en 1957) niet tot uiting is gekomen, zal waarschijnlijk te wijten zijn aan het feit dat gewerkt is met het slibgehalte van de bodemlaag 0-5 cm, terwijl bij de bepaling van het vochthoudend vermogen van de grond de gehele doorwortelde humeuze laag in aanmerking wordt genomen.

Voor het niettemin wel betrouwbaar zijn van de 1956-invloedslijn hebben wij geen aanvaardbare verklaring kunnen vinden. De drie curven zijn afgebeeld in fig. 11.

In 1956 bleken de beste opbrengsten op te treden bij slibgehalten in de zode van 8-15%, met een breed optimum bij 10-13%. Bij gehalten aan afslibbare delen <8% wordt de opbrengst in negatieve zin beinvloed (snellere uitputting van de vochtvoorraad); bij slibgehalten >15% vinden eveneens opbrengstdalingen plaats, zij het niet zo uitgesproken als bij te lage gehalten. De - overigens onbetrouwbare - curve voor 1957 vertoont dezelfde tendens, doch minder geprononceerd. Bij de eveneens onbetrouwbare lijn voor het enigszins droge jaar 1955 ligt het optimum bij 14-16% slib, dus op de velden met een groter vochthoudend vermogen van de zodelaag. Een hoog gehalte aan afslibbare delen in de zode zou wellicht via een betere vochtvoorziening in droge jaren gunstig kunnen zijn voor de produktie, doch dit kon niet betrouwbaar worden aangetoond.

3.6.4. De invloed van het humusgehalte van de zode

De uit de zodelaag van 0-5 cm bepaalde humusgehalten liepen vrij sterk uiteen en varieerden van 5,9% op de zwak humeuze lage heidezandgrond tot maar liefst 59,5% op een perceel met een dik veenpakket in de bovengrond. Gemiddeld bedroeg het gehalte een organische stof van de zodelaag 12,0%. Het frequentiediagram in fig. 12 toont de spreiding over de 240 velden van het humusgehalte.

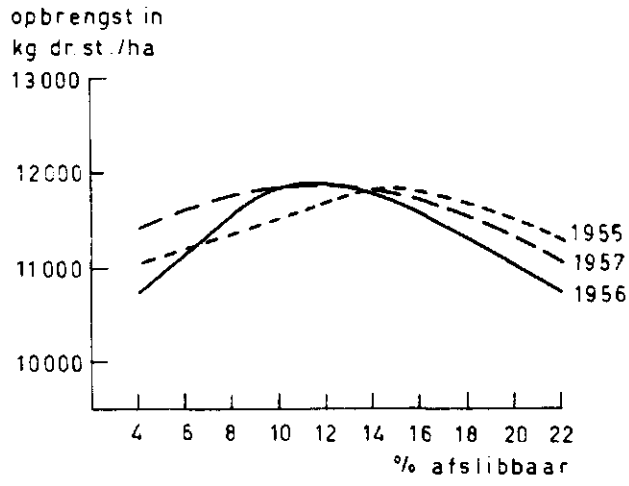


Fig. 11. Invloed van het gehalte aan afslibbare delen in de zodelaag op de opbrengst

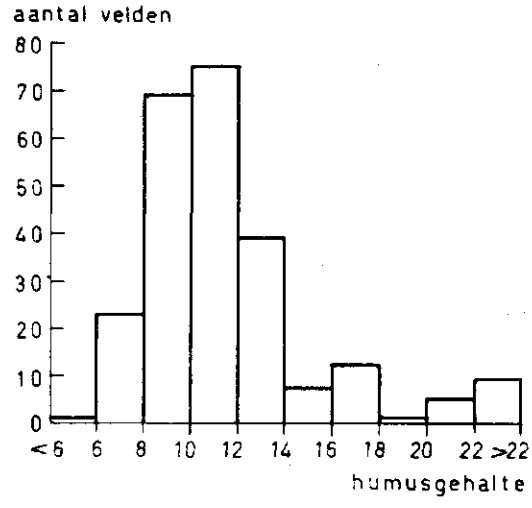


Fig. 12. Frequentieverdeling van de humusgehalten

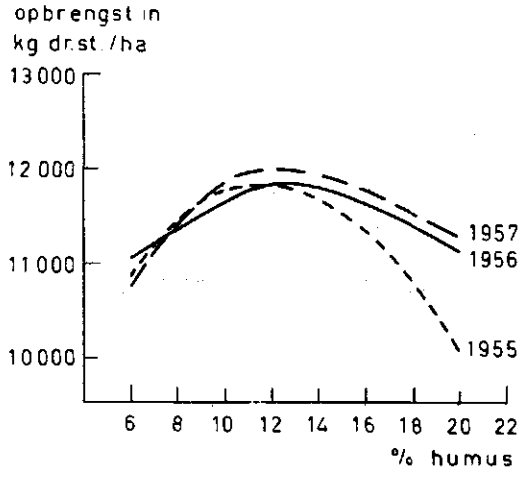


Fig. 13. Invloed van het gehalte aan humus in de zodelaag op de opbrengst

De grote masse van de proefplekken, nl. 73%, heeft humusgehalten van 6 tot 14%. De hogere gehalten aan organische stof in de zode behoorden bij de percelen met veenlagen in de bovengrond en het bruine en gebleekte woudzandgronden.

Het humuspercentage van de zode bleek in geen der drie jaren van onderzoek bepalend te zijn voor de opbrengst. Waarschijnlijk is de betrokken laag te dun om merkbare invloed uit te oefenen, behalve bij extreem lage humusgehalten, die in dit gebied op het oude grasland niet voorkomen.

Het verklaren van de grasopbrengsten in de Friese Wouden had dus even goed zonder de factor humusgehalte van de zode kunnen geschieden. In fig. 13 zijn de gevonden, doch onbetrouwbaar gebleken humusinvloedslijnen afgebeeld waarbij opvalt dat de optima alle liggen bij ca. 12% humus, precies het gemiddelde humusgehalte van de 240 proefplekken.

Over de directe betekenis voor de produktie van het organische-stofgehalte in de zode van oud blijvend grasland is over het algemeen weinig bekend, waarschijnlijk omdat het door de geregelde aanvoer van organische stof in de zode tamelijk evenwichtige humusgehalte als een vrijwel constante grootheid kan worden beschouwd, die alleen op de lange duur door eenzijdige bemesting of gebruikswijze merkbaar te wijzigen is.

Klaarblijkelijk is ook bij dit onderzoek het belang van het humusgehalte der zode als produktiebeïnvloedende factor niet voldoende uit de verf gekomen door het ontbreken van proefplekken op oud, ondiep wortelend grasland met een duidelijk te laag organische-stofgehalte. Daardoor zullen op de meeste percelen de verschillende humuseffecten in de bodem, zoals mineralisatie en mobilisatie van voedingsstoffen, ionenuitwisseling, bufferend vermogen en structuurstabilisatie wel in voldoende mate tot hun recht komen.

Wat de invloed van het gehalte aan organische stof op het vochtbergend vermogen van de grond betreft, is als onderdeel van dit onderzoek vastgesteld, dat per percent humus ongeveer 1 volumeprocent vocht wordt vastgehouden, hetgeen in de 5 cm dikke zodelaag neerkomt op slechts 0,5 mm water, voorwaar geen hoeveelheid die aanleiding zou kunnen zijn tot de veronderstelling dat verschillen in humusgehalte

in de zode betrouwbare opbrengstverschillen zouden kunnen teweegbrengen. Pas over grotere diepten zal het humusgehalte een rol kunnen spelen als het gaat om verschillen in de totale hoeveelheid beschikbaar vocht.

3.6.5. De invloed van de dikte der humeuze bodemlaag

De dikte der humeuze laag is bepaald aan de hand van de humusgehalten der verschillende profiellagen zoals deze bij de kartering der veldjes schattenderwijs werden vastgesteld. De ondergrens der humushoudende laag werd geacht te zijn bereikt op het niveau waar geen levende wortels meer werden aangetroffen en/of het geschatte humusgehalte kleiner dan 1% werd. De dikte van de op deze wijze bepaalde humeuze laag liep uiteen van 30 cm op enkele percelen met een oude ontginningsbovengrond van gebleekt woudzand tot 100 à 110 cm op verscheidene lage heidezandgronden en een enkele bruine woudzandgrond. Gemiddels over het gehele onderzoekgebied bedroeg de dikte van de humushoudende bodemlaag 65 cm; tweederde van het aantal proefplekken had een humeuze laag van 50-80 cm dikte (fig. 14).

De dikte der humeuze laag is vooral van betekenis uit een oogpunt van watervoorziening. Een diep humeuze grond zal alleen al door de ruimere beschikbaarheid van vocht in staat zijn in droge tijden stagnering van de groei door watergebrek tegen te gaan, mits de plant via de wortels in staat is dit water te bemachtigen. Hetzelfde geldt voor de in diepere lagen aanwezige voedingsstoffen.

In de drie jaren van onderzoek is echter van dit belang van de diepte der humus bevattende laag niets gebleken, gezien de onbetrouwbaarheid van de drie gevonden invloedslijnen. Klaarblijkelijk speelt het belang van een diepe humeuze laag voor de vochtvoorziening slechts in zeer droge jaren. Het eerste jaar van onderzoek 1955 was weliswaar aan de droge kant, maar de in het groeiseizoen april t/m oktober gevallen hoeveelheid neerslag van 440 mm was, vergeleken met het 30-jarig gemiddelde van 447 mm, vrijwel normaal. De groeiseizoenen 1956 en 1957 gaven met 526 resp. 561 mm, neerslagoverschotten t.o.v. N-30 te zien van 79 resp. 114 mm. In deze jaren was dus van watertekort in het groeiseizoen in het geheel geen sprake.

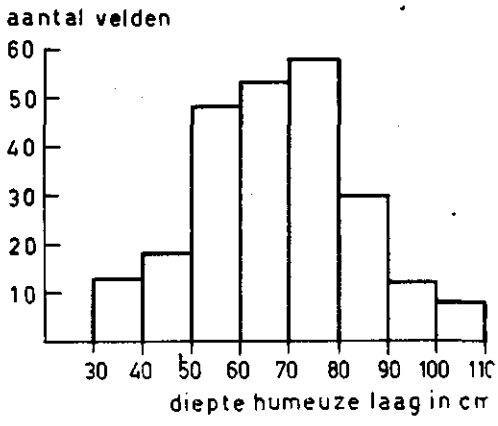


Fig. 14. Frequentiediagram van de diepte humeuze laag

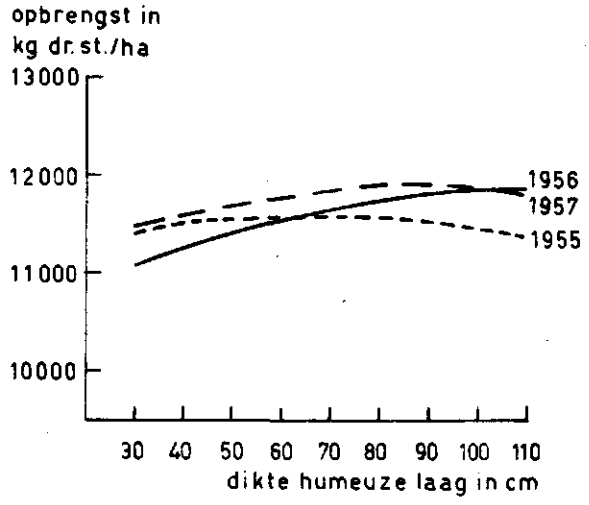


Fig. 15. Invloed van de dikte der humeuze laag op de opbrengst

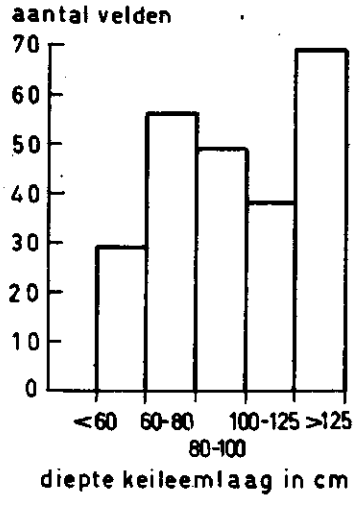


Fig. 16. Distributiediagram van de diepte der keileemlaag

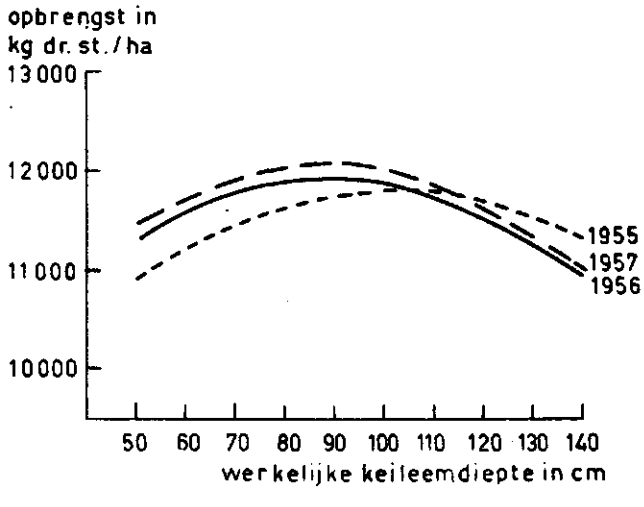


Fig. 17. Invloed op de produktie van de werkelijke diepte der keileemlaag

Onder voorbehoud geven wij hieronder in fig. 15 de voor de drie jaren van onderzoek geconstrueerde invloedslijnen van de dikte der humeuze laag op de opbrengst. De 1955-curve is vrijwel indifferent, terwijl de lijnen voor 1956 en 1957 de indruk wekken dat een dikke humushoudende laag ook in natte jaren de produktie in positieve zin kan beinvloeden. Wellicht kan op profielen met een diepe humeuze ondergrond een watersurplus beter en sneller onschadelijk worden gemaakt door een groter waterbergend vermogen dan op ondiepe profielen.

3.6.6. De invloed van de werkelijke keileemdiepte

Als laatste van de groep "onroerende" bodemfactoren wordt behandeld de diepte van de keileemlaag. Bij de bodemkundige beschrijving (zie 2.1) is het gebied der Friese Wouden gekarakteriseerd als een dekzandlandschap op een grondmorene van 1-10 m dikte. Deze grondmorene manifesteert zich als een golvende laag keileem op een diepte die van plek tot plek varieert van minder dan 60 cm tot meer dan 125 cm beneden het maaiveld. Het distributie-diagram van fig. 16 toont het voorkomen van de verschillende diepten der keileemlaag op de 240 proefplekken.

Keileemlagen beneden 125 cm onder het maaiveld worden aangetroffen op alle middelhoge heidepodzolen, zwakkazige lage heidepodzolen en veengronden. Een keileemlaag op minder dan 60 cm diepte bezitten alleen de keileemgronden. De andere vegetatieprofielen hebben een keileemondergrond op wisselende diepte behalve de sterkkazige lage heidepodzolen in de dalen, waarin geen keileemondergrond aanwezig is.

Een vraagpunt was de vermeende invloed van de min of meer ondoorlatend geachte keileemlaag en de diepte daarvan op het grondwaterregime. Dit is voor het in dit onderzoek betrokken gebied bekeken door CNOSSEN en HEYINK (1958) met gebruikmaking van de grondwaterstandenreeksen die in de drie jaren van onderzoek van alle proefplekken werden verzameld. Met behulp van de gemeten grondwaterstanden op 30 velden, synchroon opgenomen in twee buizen per veld, waarvan de ene tot en de andere tot in de keileemlaag reikte, is nagegaan in hoeverre hier sprake is van twee verschillende grondwaterstanden, nl. één op en één in de keileemlaag.

In alle gevallen bleek echter, dat in de twee buizen dezelfde grondwaterstand werd gemeten, behoudens in sommige gevallen een gering niveauverschil, te wijten aan de onderlinge afstand van de twee buizen op dezelfde proefplek. Tevens bleek, bij vergelijking van de diepte waargenomen grondwaterstanden met de ligging van de zich constant in het grondwater bevindende totaal gereduceerde zone, dat de in de keileemlaag gemeten grondwaterstanden een reëel beeld geven van de grondwaterstandsfluctuaties in deze dekzandprofielen met keileemondergrond.

Voorts werd onderzocht of de diepte van de keileemlaag invloed uitoefent op de hoogte van de grondwaterstand. Te dien einde werden in gelijke vegetatieprofielen de grondwaterstanden vergeleken van percelen met verschillende keileemdiepten. Ook hierbij mocht worden geconcludeerd, dat in eenzelfde vegetatieprofiel de diepte van de keileemondergrond weinig invloed heeft op de hoogte van de grondwaterstand.

De invloed van de vastgestelde, dus werkelijke diepte van de keileemondergrond op de produktie bleek voor 1956 en 1957 reëel te zijn. De gevonden invloedskromme voor 1955 was onbetrouwbaar. De curven van 1956 en 1957 zijn beide optimumkrommen van vrijwel dezelfde gedaante (fig. 17). De optima, waarbij dus de meest gunstige invloed optreedt, liggen bij keileemdiepten van 80-100 cm beneden het maaiveld, welke diepten voorkomen op de bruine en gebleekte woudzandgronden, de lage, matig humeuze heidezandgronden en de sterk humeuze lemige fijnzandige zandgronden. Het bovendek is in alle gevallen een veenontginning of een oude ontginningsbovengrond.

De veronderstelling, dat een min of meer ondoorlatende laag in de bodem belemmerend zou werken op de produktie wordt in dit onderzoek in zoverre bevestigd, dat een ondiep in het profiel aanwezige keileemlaag over het algemeen inderdaad lagere opbrengsten oplevert. Keileemlagen die liggen op 80-100 cm diepte blijken echter weer gunstig te zijn voor de produktie, terwijl op percelen met keileem op grotere diepte deze laag weer minder gunstig werkt op de opbrengst en wel in sterkere mate dan bij ondiepe ligging van de keileemlaag. Een beredenering van de ongunstige werking van diepgelegen keileemlagen kan niet worden gegeven.

Wellicht wordt de kleinere opbrengst bij ondiepe ligging der keileemlaag veroorzaakt door de geringe profielinhoud die aan de wortels ter beschikking staat. Hier zal dus meer aandacht moeten worden besteed aan de bemesting. Uitgespoelde voedingsstoffen zijn beneden de ondiepe keileemlaag niet meer door de plant te bemachtigen en zullen zo nodig in natte jaren tijdig moeten worden aangevuld om opbrengstdepressies te voorkomen.

3.6.7. De invloed van de kalitoestand van de grond

De zand- en veengronden zijn van nature arm aan kali en vragen doorgaans een goede verzoring met kalimeststoffen. Speciaal grasland eist een weloverwogen kalibemesting. Een tekort aan kali drukt de opbrengst en een teveel kan evenzeer nadelig zijn in verband met de gezondheid van het vee.

Zoals elders komen ook in de Friese Wouden grote variaties voor in het K-gehalte van de grond, onder invloed van gebruikswijze, bemesting, uitspoeling en onttrekking door het gewas. De verdeling der gevonden K-getallen wordt gegeven in het blokdiagram van fig. 18. Zoals reeds onder 3.5.2. bij de bespreking der resultaten van het grondonderzoek werd vermeld, verkeert 65% der proefplekken in een goede tot vrij hoge kalitoestand (K-getal 16-35). Te hoog of veel te hoog in K-getal ligt 17%; een slechte K-toestand werd op 18% van de proefvelden aangetroffen. Kaligetallen <10 en >50 zijn schaars nl. resp drie en acht gevallen.

Het laagste waargenomen K-getal bedroeg 7 op een bruine woudzandgrond; het hoogste was 119 op een matig humeuze zandkeileemgrond. De lage K-getallen (<16) komen voor bij vrijwel alle vegetatieprofielen en ontginningsdekken, op percelen die voor het merendeel ver van de boerderij liggen. De hoge kaligetallen (>50) behoren, op een enkele uitzondering na, bij proefplekken op huispercelen die, vanwege hun gunstige ligging, stelselmatig meer bemesting hebben ontvangen - vooral in de vorm van gier - dan verder weg gelegen percelen en tevens intensiever worden beweid.

Een invloed van de in de jaren van onderzoek toegediende kalibemesting - zowel kunstmest gier, als stalmest - op de kalitoestand van de grond, kon niet worden geconstateerd.

Eensdeels kan men de exactheid van de door de proefplekhouders verstrekte bemestingsgegevens in twijfel trekken, maar aan de andere kant is dikwijls moeilijk aan te geven wat de beweegredenen zijn die tot een bepaalde bemesting voeren. Het is mogelijk, dat hoge K-cijfers werden veroorzaakt door stelselmatig hoge bemestingen terwijl juist kort voor of in het jaar van onderzoek die bemesting drastisch is verminderd ter noodzakelijk geachte verlaging van de kalitoestand, welke verlaging bij de monsterneming nog niet behoeft te zijn ingetreden. Omgekeerd kunnen lage kalicijfers als oorzaak hebben een zekere verwaarlozing van de bemesting in voorgaande jaren, terwijl reeds een hogere gift wordt toegepast, die echter het lage kaligetal nog niet in voldoende mate heeft kunnen verhogen. M.a.w. kalicijfers van de grond behoeven op korte termijn geen afspiegeling te zijn van de toegediende kalibemesting. Zo kunnen hoge kaligiften samengaan met lage kaligetallen in de grond en omgekeerd, waardoor het ongetwijfeld aanwezige bemestingseffect wordt verdoezeld. Op een bepaald perceel zal, naast de gebruikswijze, de kalibemesting van overwegende invloed zijn op de daarna optredende K-toestand, maar over het gehele gebied is dit niet in een invloedslijn zichtbaar aan te tonen.

Als een goed kaligetal voor grasland op zandgrond geldt 16-25 (Adviesbasis, 1962). Deze toestand is in zoverre gunstig, dat weliswaar bij hogere kaligehalten in de grond de produktie nog zal kunnen toenemen, doch met een verhoogde kans op kopziekte. Van dit standpunt uit bezien, is de kalitoestand in de Friese Wouden niet ongunstig te noemen met een gemiddelde waarde over de 240 proefplekken van 25,9.

De voor het onderzoekgebied geldende invloedslijnen van het K-getal op de opbrengst (fig. 19), hebben voor alle drie jaren de vorm van een verzadigingskromme waarbij de opbrengstverhoging bij hogere K-cijfers asymptotisch afneemt, zonder dat in het meetbereik de neiging bestaat tot passering van een optimum en het bewerkstelligen van lagere opbrengsten bij nog hogere K-getallen, al zal er zeker een grens zijn waar ten gevolge van zoutschade en algehele verstoring van het ionenevenwicht in de grond het kaligehalte ten ongunste van de opbrengst gaat werken.

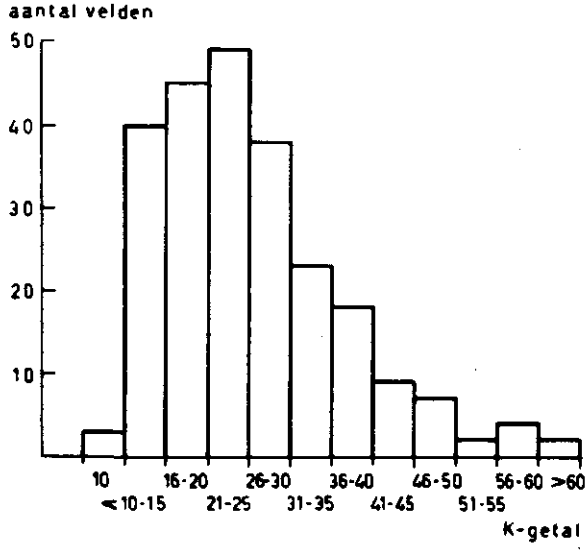


Fig.18. Frequentieverdeling van de K-getallen

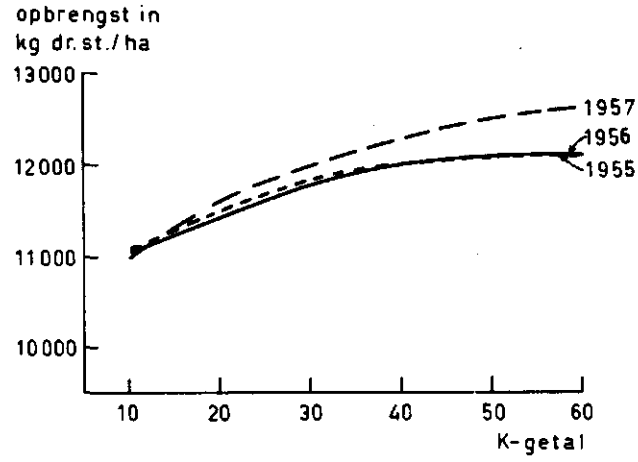


Fig.19. Invloed van het K-getal van de grond op de opbrengst

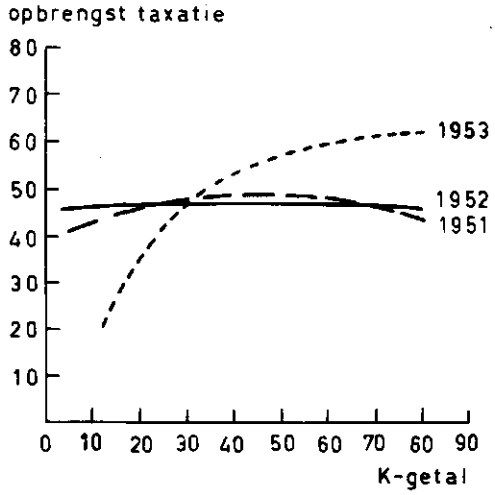


Fig.20. Invloed van het K-getal van de grond op de opbrengst van grasland in de Gelderse Vallei

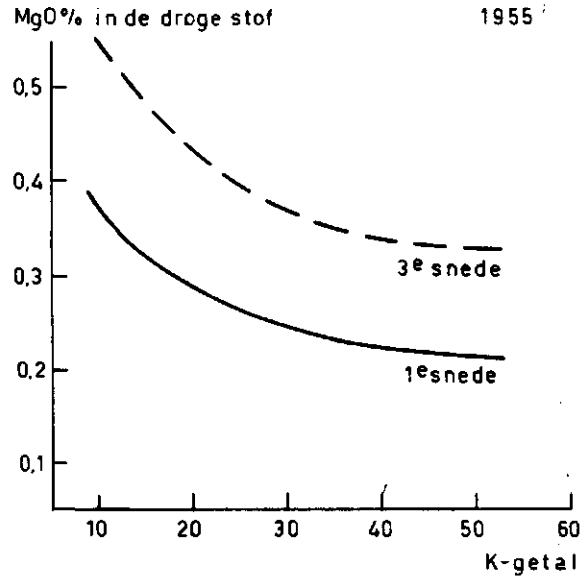


Fig.21. Verband tussen het MgO-percentage in de droge stof van het loof en het K-getal

De drie K-lijnen zijn alle betrouwbaar en we mogen dus stellen dat, afgezien van secundaire ongewenste verschijnselen verband houdende met de mineralenhuishouding, hoge K-getallen in de Friese Wouden bevorderlijk zijn voor een hoge grasproduktie. Een K-getal 60 leidt tot maximale opbrengsten, terwijl het aanbevolen K-getal 25 in de jaren 1955, 1956 en 1957 een opbrengstverlaging zou teweegbrengen ten opzichte van het maximaal onder invloed van het K-getal bereikbare van resp. 400, 500 en 800 kg droge stof per ha, of over de drie jaren gemiddeld bijna 5% van de gemiddelde opbrengst. Deze produktiederving is dus te beschouwen als een deel van de premie voor de verzekering tegen kopziekte.

Een iets andere tendens in de invloed van het kaligehalte van de zodelaag op zandgrasland vond FERRARI bij zijn onderzoek in de Gelderse Vallei 1951-1953 (fig. 20). Alleen in 1953 werden de beste opbrengsten verkregen bij hoge kalitoestanden; in 1952 had de kalitoestand blijkens het vrijwel horizontale verloop van de invloedslijn in 't geheel geen invloed op het tot stand komen van de opbrengst, terwijl in 1951 in een breed optimum, van K-getal 35-55, de invloed van de kalitoestand op de produktie het gunstigst uitviel.

Uit een door ons uitgevoerd onderzoek ter bepaling van de invloed van enkele factoren op het MgO-gehalte in de droge stof van het gras, is gebleken dat dit magnesiumgehalte in sterke mate wordt beïnvloed door het K-getal van de grond (fig. 21), terwijl het verband tussen het magnesiumgehalte van het gras en dat van de grond vrij zwak is.

Een hoge kalitoestand werkt sterk belemmerend op de MgO-opneming van het gras. Voor de eerste snede van 1955 (mei) werd gevonden dat bij een K-getal 10 gemiddeld bijna 75% meer MgO werd opgenomen dan bij K-getal = 50(0,375% tegen 0,215%). In de derde snede 1955 (juli) werd hetzelfde geconstateerd. Deze gegevens pleiten voor niet te hoge K-getallen, waarbij de daaruit mogelijkerwijze voortvloeiende oogstdepressies op de koop toe moeten worden genomen. Bij de behandeling van de invloed van het MgO-gehalte van de grond op de produktie (3.6.10) wordt nog nader op het verband tussen opneming van kalium en magnesium door het gewas en bodemfactoren teruggekomen.

Samenvattend kan worden gesteld dat de kalitoestand van de grond in het onderzoekgebied van grote invloed is op minerale samenstelling en hoogte van de produktie.

3.6.8. De invloed van de fosfaattoestand van de grond

Het gehalte van de grond aan door de plant opneembaar fosfaat werkt op de grootte van de opbrengst via de voor de produktievorming belangrijke wortelontwikkeling, die door een goede fosfaatvoorziening wordt gestimuleerd. Vooral de landbouwkundig betere grassen profiteren van een ruim fosfaataanbod door snellere voorjaarsgroei en goede zode-ontwikkeling.

De zand- en veengronden zijn van nature arm aan opneembaar fosfaat en verkregen hun bestaande fosfaatvoorraad als saldo van verrijking door bemesting en verarming door onttrekking, vastlegging en uitspoeling. Vandaar de sterk verschillende fosfaattoestanden die men aantreft per landbouwgebied en per bedrijf. Zelfs per perceel kunnen in verschillende monsters zeer uiteenlopende P-cijfers worden gevonden, vooral op blijvend grasland, waarop geen nivellerende grondbewerking plaats vindt. Ook de proefplekken van dit onderzoek vertoonden een grote spreiding in fosfaattoestand, zoals het frequentiediagram in fig. 22 laat zien.

Het ten tijde van dit onderzoek nog niet bestaande P-AL-getal is eveneens in het diagram van fig. 22 opgenomen. De P-AL-verdeling is gelijkmatiger dan die van P-citr en is ten opzichte van de laatste naar links geschoven, daar de omrekeningsfactor van P-citr naar P-AL kleiner is dan de eenheid.

Het hoogste bepaalde P-citr-cijfer bedroeg 274 en wel op een diepe veengrond op 1400 m afstand van de boerderij. De laagste P-toestand was P-citr 10 en behoorde bij een huisperceel op gebleekte woudzandgrond. De hoge fosfaatgehalten (P-citr >100) worden zonder uitzondering aangetroffen op percelen met een veenontginningsbovengrond en wel op vegetatieprofielen bestaande uit diepe (50-100 cm) veenlagen of gebleekte woudzanden. Deze hoge fosfaattoestanden werden gevonden op percelen die gemiddeld 1600 m van de bedrijfsgebouwen liggen. De lage P-citr-cijfers (<20) komen verspreid voor over de ontginningsdekken en vegetatieprofielen, doch op percelen

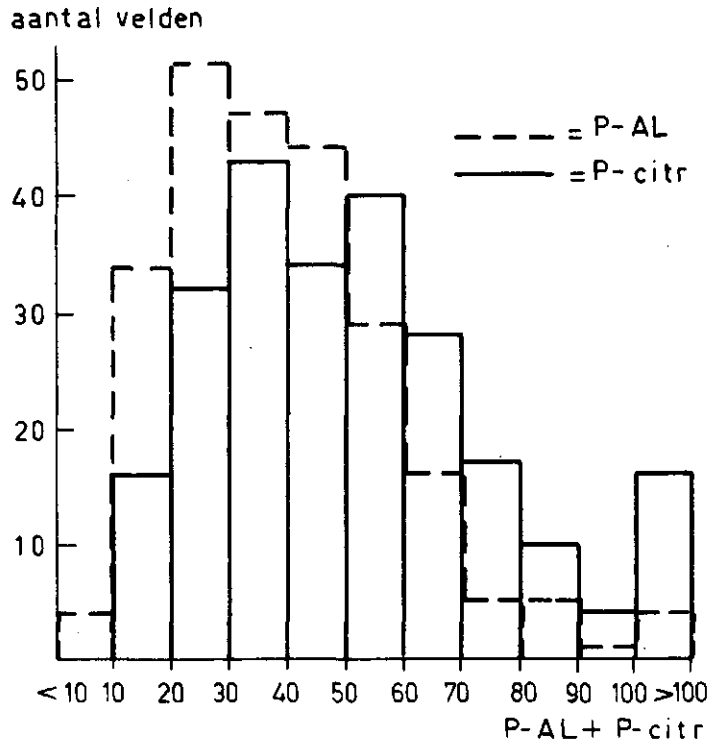


Fig. 22. Frequentiediagram P-AL en P-citr.

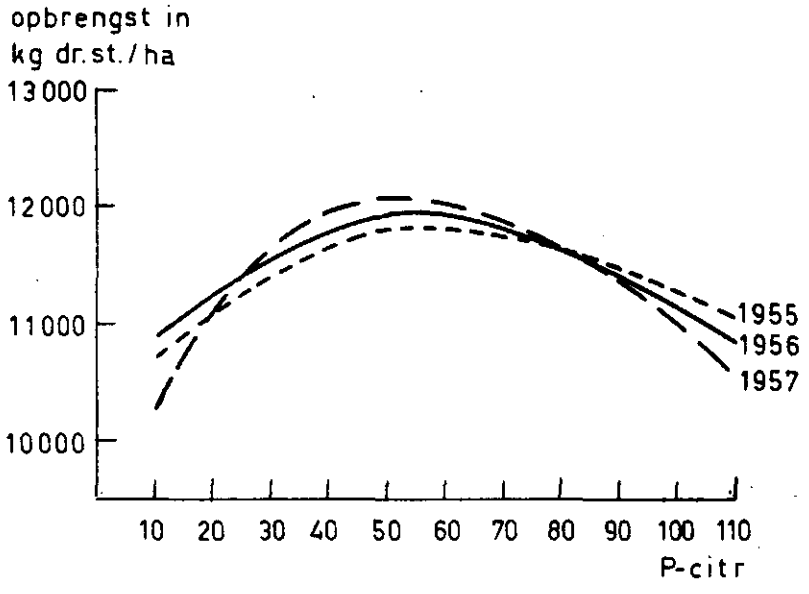


Fig. 23. Invloed van P-citr van de grond op de opbrengst

die gemiddeld niet verder dan 250 m van de boerderij liggen, behoudens in één geval op een gebleekte woudzandgrond met een P-citr 16 op 6000 m van de basis. Het merkwaardige feit doet zich hier dus voor dat de ook voor de bemesting in het algemeen geldende spreuk "uit het oog, uit het hart" in de Friese Wouden t.a.v. de fosfaatvoorziening niet opgaat.

VERMEULEN (1954) geeft ter illustratie van het verband tussen de afstand van het perceel tot de boerderij en de fosfaattoestand van een kleiveen graslandgebied in Zuid-Holland (tabel XXV).

TABEL XXV. Verband tussen fosfaattoestand en afstand tot de boerderij, in % (Uit: VERMEULEN, 1954)

P-citr-	Afstand tot de boerderij in m						
toestand	0-100	100-500	500-1000	1000-2000	2000-3000	3000-5000	>5000
laag	14,7	20,7	22,9	25,1	27,5	53,4	51,5
matig	23,6	24,4	29,6	27,1	26,7	21,9	36,3
goed	25,2	26,7	27,8	28,8	24,6	17,8	6,1
vrij hoog	22,7	19,2	14,9	14,2	17,5	4,1	6,1
hoog	13,8	9,0	4,8	4,8	3,7	2,8	0,0

De algemene tendens is hoe verder van de boerderij, des te slechter is de fosfaattoestand. Voor het door ons onderzochte deel der Friese Wouden werd vrijwel het omgekeerde gevonden. In tegenstelling met de kalitoestand, die duidelijk slechter wordt bij toenemende afstand (zie tabel XXI), is hiervan bij de fosfaattoestand geen sprake (tabel XIX). Over de oorzaken kon geen duidelijk beeld worden verkregen. Wellicht is de veelal sterk humeuze zode van de ver gelegen en niet bijzonder hoog producerende veen-hooilanden in staat een gedeelte der in hoofdzaak in de vorm van thomasslakkenmeel toegediende fosfaatgift te conserveren, hetgeen resulteert in hoge tot zeer hoge P-toestanden. 53% van de diepe veengronden heeft een P-citr >100, de rest ligt, wat P-citr betreft op een gemiddelde van 56, hetgeen nog boven het gemiddelde is van alle velden, dat 54 bedraagt.

De totale fosfaatbemesting in de jaren 1955-1957 op de proefplekken met een zeer hoge fosfaattoestand bedroeg - voor zover bekend - gemiddeld 57 kg P_2O_5/ha/jaar, hetgeen overeen kwam met de gemiddelde gift aan P_2O_5 over alle proefpercelen. Op de velden met een zeer lage fosfaattoestand was dit 48 kg P_2O_5/ha/jaar.

In de opbrengst komen de verschillen in fosfaattoestand niet tot uiting. De proefplekken met P-citr <20 leverden in 1955-1957 gemiddeld 10.350 kg droge stof per ha per jaar; de veldjes met P-citr >100 gaven gemiddeld 10.550 kg dr.st./ha/jaar, een verschil van nog geen 2%.

Uit de lijnen die de - voor alle drie jaren betrouwbaar gebleken - invloed van P-citr op de bruto-opbrengst aangeven, blijkt dan ook, dat zowel te lage als zeer hoge fosfaattoestanden de produktie in ongunstige zin beïnvloeden (fig. 23).

De hoogste opbrengsten worden verkregen bij P-citr 50-60, hetgeen in overeenstemming is met de kwalificatie "voldoende" van de oude fosfaattoestandswaardering aan de hand van P-citr. Over de invloed van de fosfaattoestand, uitgedrukt in het thans gebruikelijke P-AL, kan voor het onderzoekgebied geen uitsluitsel worden gegeven. In de eerste plaats zou daartoe een nieuwe polyfactoranalyse moeten worden uitgevoerd, waarin de factor P-citr zou zijn vervangen door P-AL. Voorts zouden dit dan met behulp van het humusgehalte uit P-citr bij benadering berekende P-AL-waarden zijn in plaats van chemisch bepaalde, wellicht exactere cijfers. Een voor de produktie meest gunstige P-citr ter waarde van ca. 55 zou, in afhankelijkheid van het humusgehalte, overeenkomen met een P-AL van 28 (bij 30% humus) tot 48 (bij 5% humus) hetgeen neerkomt op een vrij hoge tot vrij lage fosfaattoestand, welke aanduiding te vaag is om conclusies te mogen trekken.

Gezien de invloedslijnen is het handhaven van een juiste fosfaattoestand van groot belang voor de opbrengst. Vooral in het zeer natte jaar 1957 konden, alleen al ten gevolge van een te lage P-toestand, opbrengstdervingen worden geconstateerd tot 15% ten opzichte van het optimaal bereikbare. Ook de percelen met zeer hoge fosfaatgehalten lieten het afweten en wel in meerdere mate in de nattere jaren. Behalve uit economisch oogpunt, wordt echter nooit voor hoge

fosfaattoestanden gewaarschuwd. Men acht de opgehoopte voorraad slechts overbodig voor de grasgroei doch niet schadelijk voor de opbrengst, waarbij veelal wel hoge P_2O_5-gehalten in het gras worden verkregen, die mogelijk ongunstig zouden kunnen werken op de vruchtbaarheid van het vee.

Een afdoende verklaring voor optredende opbrengstdepressies bij zeer hoge fosfaattoestanden is moeilijk aan te geven. De zich in de gevonden curven openbarende invloed van P-citr op de produktie is in de polyfactoranalyse uiteraard reeds zo goed mogelijk ontdaan van de invloed der overige in de bewerking opgenomen factoren en mag dus geheel aan de fosfaattoestand worden toegeschreven, met dien verstande, dat niet in de behandeling opgenomen, dus niet onderkende groeifactoren hier nog wel een rol kunnen spelen. De vraag is welke kunnen deze niet gevonden factoren zijn, die in de drie jaren van onderzoek de opbrengst drukten bij hoge fosfaattoestanden. Opvallend is, dat op de matig tot sterk humeuze percelen met hoge tot zeer hoge P-citr-cijfers vrij dikwijls lage tot zeer lage P-getallen worden aangetroffen. Van de 70 proefplekken met zeer hoge P-citr bezit de helft een laag tot zeer laag P-getal. Mogelijk is een hoog P-citr in combinatie met hoge humusgehalten niet altijd een goede maat voor de beschikbaarheid van fosfaat. Het ten opzichte van P-citr lager uitvallen van P-AL bij hoge humusgehalten wijst ook in die richting. Wellicht ware het aan te raden om dergelijke matig tot sterk humeuze percelen met hoge P-citr-cijfers een voorjaarsbemesting met goed oplosbaar fosfaat te geven, ter voorkoming van opbrengstdepressies. In hoeverre de toekomstige advisering aan de hand van een nieuw P-getal hierin voorziet dient te worden afgewacht.

3.6.9. De invloed van de zuurgraad van de grond

De zuurgraad van blijvend grasland wordt doorgaans niet beschouwd als een bodemvruchtbaarheidsfactor van de eerste orde. Weliswaar wordt bij lage pH's de botanische samenstelling van de grasmat dikwijls minder goed en kan de minerale samenstelling van het gras bij hoge pH-waarden in ongunstige zin veranderen, doch het pH-traject waarbinnen ten gevolge van de overheersende invloed

van andere groeifactoren geen belangrijke opbrengstdalingen ten gevolge van de zuurgraad optreden, is dermate ruim, dat niet gauw rechtstreeks kan worden gesproken van een kennelijk te hoge of te lage pH. Graslanden met een afwijkende zuurgraad zijn dikwijls wel degelijk in staat behoorlijke opbrengsten te leveren, mits er voldoende zorg wordt besteed aan voor de grasgroei belangrijke factoren als bemestingstoestand, ontwatering en gebruikswijze.

Over het algemeen wordt als de beste zuurgraad voor grasland op alle grondsoorten aangemerkt een pH-KCl van ca. 4,8-6,1, waarbij 4,8-5,5 geldt als goed en 5,6-6,1 als vrij hoog. Van onze proefplekken had 8,4% deze goede tot vrij hoge pH. Duidelijk te laag in pH-KCl ($<4,4$) of te hoog ($>6,1$) toonden zich slechts 4% der percelen. pH-KCl-waarden van 4,5 en lager worden in hoofdzaak gevonden op de lage heidezanden; de pH's van 5,8 en hoger worden aangetroffen op de gebleekte en bruine woudzandgronden en op de veengronden. Een overzicht van de zuurgraadsverdeling in diagramvorm geeft fig. 24.

De verdeling over de verschillende klassen is regelmatig, zonder uitschieters. De gemiddelde pH-KCl van de 240 proefplekken bedroeg 5,2; de hoogste waarde was 6,3 en de laagste 4,0.

De invloed van de zuurgraad van de bodem op de bruto-opbrengst bleek in de drie jaren van onderzoek reëel te zijn, gezien de betrouwbaarheid der uit de bewerking te voorschijn gekomen correctielijnen (fig. 25).

In 1955 en 1957 kon niet worden gesproken van te hoge pH's, in tegenstelling met 1956 toen door pH-KCl-waarden $>6,0$ duidelijke opbrengstdalingen konden worden veroorzaakt. In 1955 lag het optimum in de zuurgraad bij pH-KCl 5,5 terwijl hogere pH's niets meer aan de opbrengst toe of af deden. In 1957 werd eveneens geen nadeel ondervonden van hoge pH-KCl-waarden. Een voor grasland doorgaans te hoog geachte pH-KCl 6,2 bleek de opbrengst nog in de meest gunstige zin te kunnen beïnvloeden.

De drie invloedslijnen te zamen beschouwend, kan worden gesteld dat over het algemeen een wat hoge pH-KCl van ongeveer 5,8-6,0 niet schadelijk behoeft te worden geacht voor de grasgroei in dit deel der Friese Wouden. Anders ligt de zaak echter, wanneer wij kijken naar

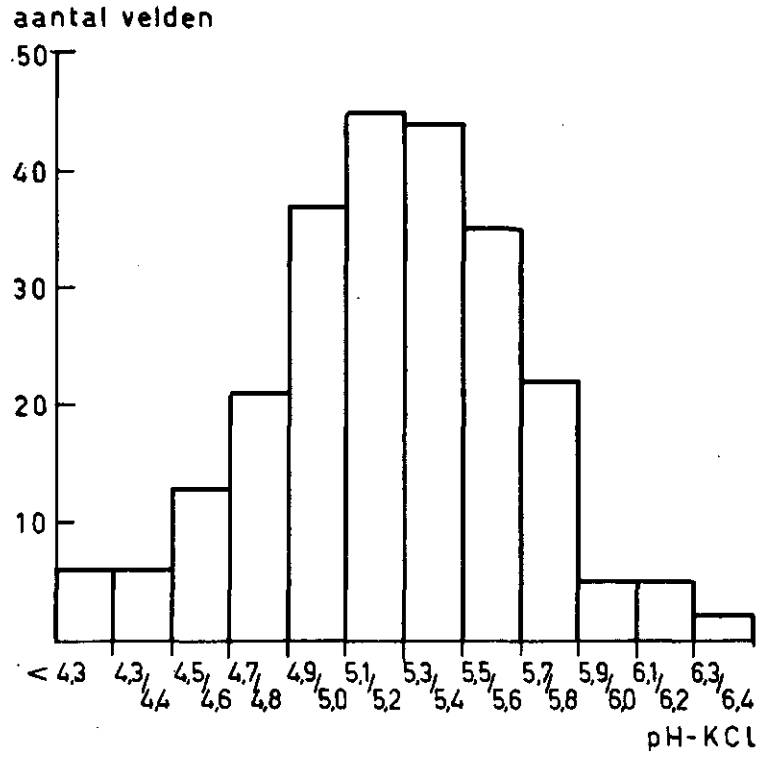


Fig. 24. Frequentiediagram van de pH-KCl

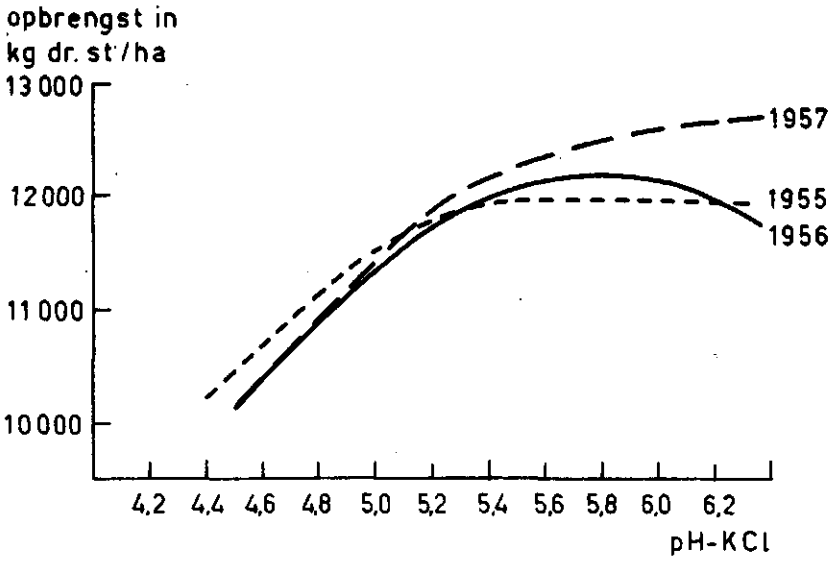


Fig. 25. Invloed van de zuurgraad van de grond op de opbrengst

de steil dalende linker gedeelten van de drie curven. In alle drie jaren werd een zeer nadelige invloed gevonden van lage pH's. Een in absolute zin nog niet zo lage pH-KCl 4,6 veroorzaakt in de jaren 1955, 1956 en 1957 een gemiddelde opbrengstderving ten opzichte van de meest gunstige zuurgraad van resp. 11, 15 en 18%. In het zeer natte jaar 1957 kon dus nog een aanzienlijk sterker achterblijven der zure percelen worden geconstateerd dan in het normale tot vrij droge jaar 1955.

Algemeen gesteld zou men mogen zeggen, dat percelen met een pH-KCl 4,6 in dit gebied reeds als duidelijk te zuur mogen worden beschouwd, met als mogelijk gevolg opbrengst-dervingen van 10% en groter. In die gevallen zou een - overigens hier niet gebruikelijke - directe bekalking en/of geregeld gebruik van pH-verhogende meststoffen als kalksalpeter en slak aanbeveling verdienen, te meer daar niet direct vrees behoeft te bestaan dat hierdoor op deze vrijwel van een kalkreserve verstoken gronden te hoge pH-waarden zullen worden bereikt. Zo ergens, dan geldt zeker voor het in onderzoek genomen gebied ten aanzien van de pH-KCl, althans met betrekking tot de opbrengst: beter te hoog dan te laag.

3.6.10 De invloed van de magnesiatoestand van de grond

Het gehalte aan MgO van de grond kan sterk verschillen van perceel tot perceel. Op de van oorsprong magnesiumarme zandgronden wordt de magnesiumhuishouding in sterke mate bepaald door humusgehalte en zuurgraad, Een lage pH werkt uitspoeling van MgO in de hand, terwijl de via bemesting toegevoerde magnesia wordt vastgehouden aan de oppervlakte der colloïdale humus- en eventueel aanwezige slibdeeltjes. Veranderingen in de MgO-toestand worden teweeggebracht door al of niet doelbewuste toediening van Mg-houdende meststoffen, onttrekking door het gewas en uitspoeling. De voorraad aan MgO in de grond is dus afhankelijk van de grootte van het adsorptiecomplex. De correlatie in het grondvlak tussen MgO-grond en humusgehalte bedroeg voor dit onderzoek +0,72 en gaf daarmee de hoogste onderlinge samenhang te zien van alle paren onafhankelijke factoren.

De MgO-NaCl-cijfers liepen uiteen van 60-370 d.p.m., met een gemiddelde waarde van 160, hetgeen aanmerkelijk hoger is dan het gemiddelde MgO-gehalte van de noordelijke zandgronden, dat op 117 wordt gesteld. De verdeling over de verschillende grootte - klassen, voorgesteld in fig. 26 is van het rechthoekige type, waarbij veel lage, maar ook vrij veel hoge waarden voorkomen.

MgO-NaCl-cijfers <100 komen in hoofdzaak voor op de zwak-humeuze, middelhoge en lage heidezandgronden; de hoge waarden >240 worden vrijwel uitsluitend gevonden op de diepe veengronden en de sterk humeuze, gebleekte woudzandgronden. Het gemiddelde humusgehalte van de plekken met lage en die met hoge MgO-gehalten bedroeg resp. 9,2 en 22,8%, een illustratie van het sterke verband tussen MgO-grond en humusgehalte.

Magnesium is in de plant onmisbaar als bouwsteen van het bladgroen, hoewel op grasland bijna nooit gebrekssymptomen zijn te constateren. Er is weinig bekend omtrent de invloed van het MgO-gehalte van de grond op de hoogte van de grasproduktie. Het accent van het belang der Mg-huishouding ligt veeleer bij de invloed op de minerale samenstelling van het gras en het hiermee verband houdende MgO-gehalte van het bloedserum van het vee, dat bepalend is voor het zich manifesteren van kopziekte.

Het magnesiumgehalte in het bloedserum, dat gewoonlijk 2-2,5 mg per 100 ml bedraagt, blijkt bij kopziekte veel te zijn gedaald tot 1,0 mg Mg per 100 ml. Deze lage gehalten in het bloed kunnen volgens KEMP (1960) op veilige hoogte worden gebracht indien het MgO-gehalte in de droge stof van het gras met tenminste 0,05 d.p.m. kan worden verhoogd. Deze gewenste stijging van het magnesiumgehalte is weliswaar in vele gevallen te verwezenlijken door een magnesium-bemesting die de MgO-toestand van de grond op een hoger peil kan brengen, doch hierbij is de kalitoestand van de grond van overwegend belang. Kopziektegevaar is in alle gevallen aanwezig bij veel te hoge tot hoge kalitoestanden - dus onafhankelijk van het MgO-gehalte van de grond - en tevens bij een goede tot lage kalitoestand indien de MgO-gehalten van de grond lager liggen dan 150 d.p.m.

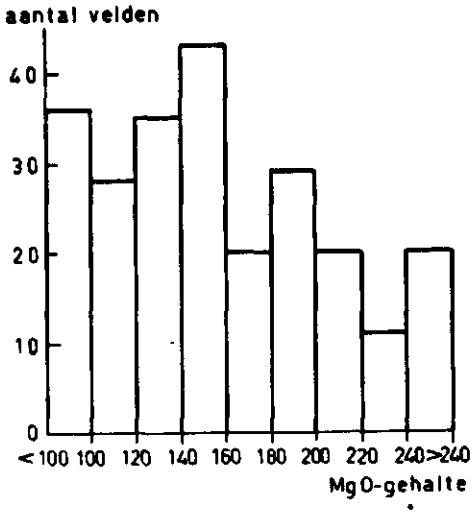


Fig. 26. Frequentieverdeling der MgO-NaCl-cijfers

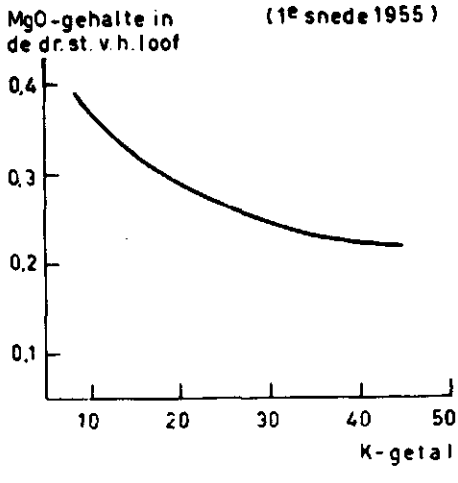


Fig. 27. Invloed van het kaligetal op het MgO-gehalte in de droge stof van het gras, eerste snede 1955

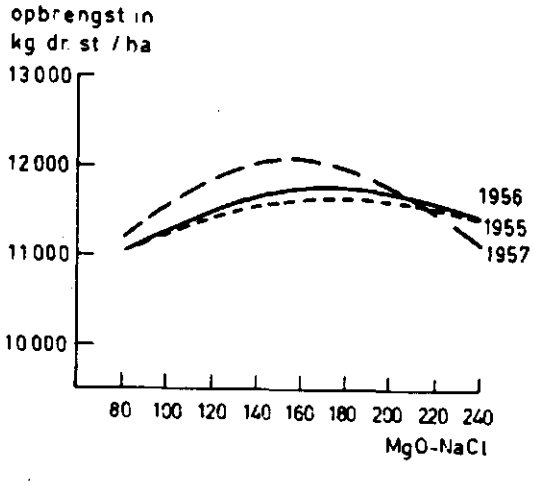


Fig. 28. Invloed van de magnesiumtoestand van de grond op de opbrengst (alleen voor 1957 betrouwbaar)

Ook bij ons onderzoek werd bevestigd, dat een - overigens nadelige - lage kalitoestand de MgO-opneming door het gras in het voorjaar begunstigt, terwijl bij K-getallen >40 nagenoeg geen verdere afneming van MgO-gras optreedt (fig. 27). De directe betekenis van het MgO-gehalte van de grond is in deze minder belangrijk, want door het K-Mg-antagonisme wordt, zelfs bij hoge MgO-gehalten van de grond, geen hoger MgO-gehalte in gras en bloed bereikt, tenzij de kalitoestand betrekkelijk laag is.

Howel op grasland nooit met zekerheid magnesiumgebrek kon worden aangetoond, wil dit niet zeggen, dat de MgO-toestand van de grond geen invloed zou kunnen uitoefenen op de hoogte der produktie. Door KRUYNE et al. (1959) kon echter geen invloed worden vastgesteld van het MgO-gehalte van de grond op de voor de produktie zo belangrijke botanische samenstelling van het grasland in de Friese Wouden.

Een rechtstreekse invloed van de magnesiatoestand op de hoogte van de produktie in het onderhavige gebied kon door ons slechts betrouwbaar worden aangetoond voor het jaar 1957 (fig. 28).

Bij lage (<100) en hoge (>220) MgO-gehalten waren in dat jaar t.o.v. het bij MgO 150 liggende optimum opbrengstdepressies mogelijk van ten hoogste 5%. Hoewel een generalisatie op grond van deze resultaten niet mag worden toegepast, is het opmerkelijk, dat de reeds door SLUIJSMANS (1962) in verband met het optreden van kopziekte naar voren gebrachte grenswaarde voor MgO-NaCl van 150 d.p.m. in dit gebied in 1957 tevens optimaal is wat de hoogte van de produktie betreft. Bij MgO-gehalten beneden 150 heeft toediening van een de MgO-toestand verhogende magnesiabemesting als eerste oogmerk de verkleining van het kopziektegevaar, maar is tevens dienstig voor de opbrengst. Ook bij hogere MgO-toestanden kan echter, in geval van hoge kalitoestanden, voor de gezondheid van grazende melkkoeien een magnesiagift wenselijk zijn, waarbij evenwel de opbrengst, zij het in geringe mate, in ongunstige zin zou kunnen worden beïnvloed.

3.6.11. De invloed van de gemiddelde grondwaterstand

Bij het voortschrijden der ontwateringstechniek werd het streven naar een zo diep mogelijke ontwatering omgezet in waterbeheersing

en ging men meer aandacht besteden aan het belang van de grondwaterstand voor de produktie der landbouwgewassen. In het algemeen kan worden gesteld dat bij een te diepe grondwaterstand de functie van het grondwater als reservoir voor de watervoorziening van het gewas van minder belang wordt of geheel wegvalt; bij een te ondiepe stand van het grondwater wordt het doorwortelbare bodemvolume beperkt en kunnen moeilijkheden optreden met betrekking tot de luchtvoorziening door CO_2-overmaat en/of O_2-tekort. Daarenboven heeft te vochtig grasland over het algemeen geringe draagkracht en gaan waterminnende planten met slechte hoedanigheden een overheersende positie innemen, met als gevolg een vermindering van het produktierendement.

De eerste, als oriëntering bedoelde proeven omtrent de invloed van de grondwaterstand op de grasgroei werden verricht in bakken, waarbij de invloed werd nagegaan van verschillende gefixeerde grondwaterstanden bij verschillende grondsoorten op de bruto-opbrengst, het gehalte aan ruw eiwit, de botanische samenstelling en de bewortelingen(PITSCH, 1913; FRANKENA en GOEDEWAAGEN, 1942).

Daarna werden enkele - zeer kostbare - grondwaterstandsproefvelden aangelegd, nl. te Zegveld op veengrasland en in de Bommelerwaard op kleigrasland, beide in 1952, waarbij doelbewust kunstmatige variaties in de grondwaterstand werden aangebracht. In de vijftiger jaren volgden tevens de eerste onderzoekingen met betrekking tot de grondwaterstand onder natuurlijke omstandigheden, waarbij door beschouwing van verschillende percelen grasland met uiteenlopende grondwaterstanden werd gepoogd de meest gewenste grondwaterstand te weten te komen (o.a. SIEBEN en SMITS, 1951; VAN DER WOERDT, 1953; MAKKINK, 1955).

De uit de diverse proefnemingen te trekken conclusies waren echter geenszins eensluidend. Het is wel duidelijk geworden, dat men niet kan spreken van een universeel geldende meest gunstige grondwaterstand voor alle grondsoorten, profielen en jaren. De grondwaterstand op een gegeven moment op een bepaald perceel is de resultante van regenval en verdamping, hoogteligging, waterbergend vermogen en ontwatering, kortom, een veelheid van factoren die het vrijwel onmogelijk maakt een bepaalde, gunstig gebleken grondwaterstand doorlopend te handhaven. Dit is ook niet strikt noodzakelijk: een zekere

fluctuatie om de gunstigste stand kan zelfs luchtverversend werken, mits de perioden met te hoge of te lage grondwaterstanden niet zo lang worden, dat sprake is van chronisch tekort of overmaat aan water. Daarom dienen we in de eerste plaats te streven naar een g e m i d d e l d e meest gunstige grondwaterstand, die door middel van ontwaterings-, afwaterings- en eventueel bewateringsmogelijkheden zo lang en zo goed mogelijk moet kunnen worden gehandhaafd.

Ook bij het hier behandelde onderzoek is getracht vast te stellen welk effect de gemiddelde grondwaterstand heeft op de bruto-grasproduktie, waar de optimale grondwaterstand ligt en welke opbrengstdepressies te verwachten zijn bij afwijkende gemiddelde grondwaterstanden, met deze restrictie, dat de resultaten en conclusies slechts betrokken mogen worden op het onderhavige gebied en van jaar tot jaar, in afhankelijkheid van de weersomstandigheden kunnen verschillen.

Zoals reeds vermeld onder 3.3 werd in beginsel op elke proefplek de grondwaterstand maandelijks opgemeten, welke gegevens werden aangevuld met toevallige waarnemingen tijdens bezoeken met een ander doel. Per perceel werd uit deze cijfers een gemiddelde grondwaterstand berekend over het gehele groeiseizoen, waarbij dit tijdvak enigszins ruim werd genomen, nl. van februari-maart tot oktober-november. Deze gemiddelde grondwaterstand werd als groeifactor in de polyfactor-analyse opgenomen.

De frequentie van het voorkomen der grootteklassen van deze berekende gemiddelde grondwaterstanden is afgebeeld in fig. 29 en wel voor ieder van de drie jaren van onderzoek afzonderlijk.

Beschouwing van fig. 29 leert dat elk jaar zijn eigen karakteristieke grondwaterstandsverdeling heeft, in afhankelijkheid van het totale weerbeeld van het betrokken groeiseizoen. Zo valt op dat voor het normale tot droge jaar 1955 de frequentieverdeling t.o.v. het natte jaar 1956 en het zeer natte jaar 1957 naar rechts is verschoven, terwijl de beide laatste jaren ongeveer hetzelfde verdelingsbeeld te zien geven, met dien verstande dat, hoewel 1957 als natter dan 1956 staat geboekstaafd, in 1956 toch de meeste zeer hoge gemiddelde grondwaterstanden van 0-40 cm-mv. voorkwamen, nl. op 33 percelen tegen 9 in 1957. In 1955 was de gemiddelde grondwaterstand op 6 proefplekken <40 cm-mv. De diepste gemiddelde grondwaterstanden

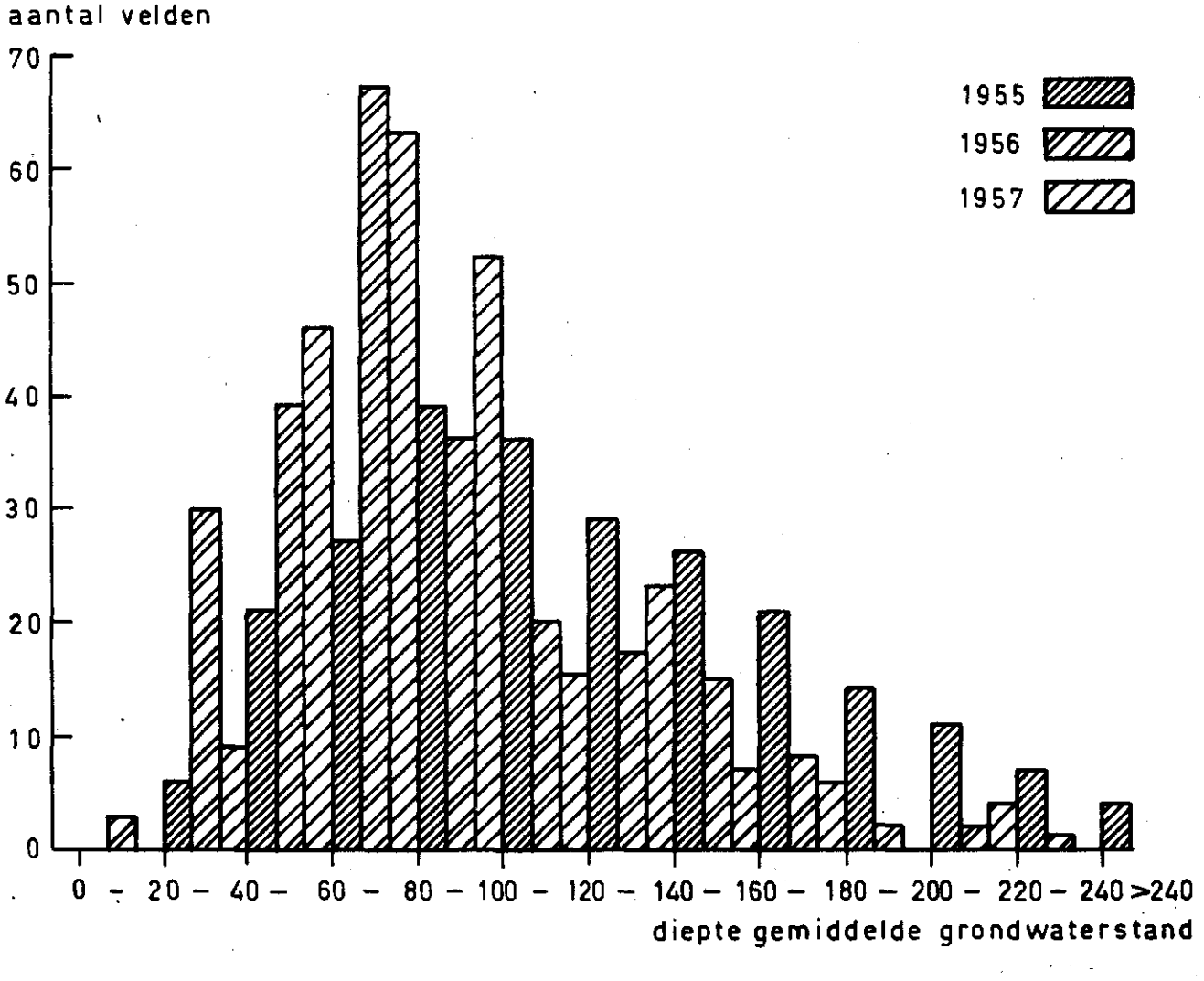


Fig. 29. Frequentieverdeling van de gemiddelde grondwaterstand voor 1955, 1956 en 1957

werden gevonden in 1955. In dat jaar hadden 22 percelen een gemiddelde grondwaterstand dieper dan 2 m beneden het maaiveld, in 1956 drie en in 1957 vier proefplekken.

De "gemiddelde grondwaterstand" van de 240 percelen bedroeg in 1955, 1956 en 1957 resp. 122, 83 en 87 cm-mv. De hoogste gemiddelde grondwaterstand trad op in 1956 en bedroeg 13 cm-mv. op een ondiepe, zeer laag gelegen veengrond. Het diepste gemiddelde freatische niveau bezat, met een diepte van 261 cm beneden maaiveld, een proefplek met als vegetatiedek een - zij het in dit geval hooggelegen - lage heidezandgrond, in het jaar 1955.

Een overzicht van de hoogste en de laagste waargenomen of berekende grondwaterstanden geeft tabel XXVI. Ook hieruit komt naar voren dat het zeer nat geheten jaar 1957, gezien de waargenomen grondwaterstanden geenszins een nattere indruk geeft dan 1956. In 1956 werden over het algemeen hogere grondwaterstanden aangetroffen dan in 1957. Het is dan ook onjuist de natheid van een jaar of een groeiseizoen af te wegen aan de in die periode gevallen hoeveelheid neerslag. Een betere maatstaf is het neerslagoverschot, zijnde de neerslag verminderd met de verdamping. Wanneer wij de beide jaren 1956 en 1957 kwalificeren naar neerslagoverschot, blijkt voor de maanden april tot oktober, dat 1956 inderdaad iets vochtiger is uitgevallen dan 1957 (tabel XXVII).

Vergeleken met het dertigjarig gemiddelde, dat aangeeft dat in de periode april/oktober 185 mm water meer verdampt dan er via de neerslag wordt aangevoerd, zijn beide jaren zeer nat te noemen.

De genoemde verdampingscijfers hebben betrekking op het weerstation Eelde, dat het dichtst bij het onderzoekgebied lag. Deze maten zullen dus niet geheel juist zijn voor de Friese Wouden, doch ter vergelijking wel bruikbaar.

Wanneer we de gemiddelde maandgrondwaterstanden in verband brengen met het tot en met de betreffende maand gesommeerde neerslagoverschot, waarbij dus de vochtsituatie van de afgelopen maanden mede in aanmerking wordt genomen, onstaat fig. 30.

TABEL XXVI. Enkele zeer hoge en lage grondwaterstanden

	1955			1956			1957		
	cm-mv.	veld	maand	cm-mv.	veld	maand	cm-mv	veld	maand
hoogste gemeten grondwaterstand	0	132	mei	0	op diverse velden in meer dan 1 maand		0	op diverse velden in meer dan 1 maand	
hoogste gemiddelde grondwaterstand	36	132	mei/dec	13	132	febr/nov	31	219	febr/nov
laagste gemeten grondwaterstand	300	47	sept	279	53	aug	275	47	aug
laagste gemiddelde grondwaterstand	261	47	mei/dec	237	106	febr/nov	213	106	febr/nov
hoogste gemiddelde grondwaterstand gehele gebied	79		mei	44		nov	31		febr
laagste gemiddelde grondwaterstand gehele gebied	162		sept	129		juni	154		juli

TABEL XXVII. Neerslagoverschot in april t/m oktober in 1956 en 1957

	1956	1957	N30	
regenval april/okt.	526	561	447	mm
verdamping	519	563	632	mm
overschot	+ 7	- 2	-185	mm

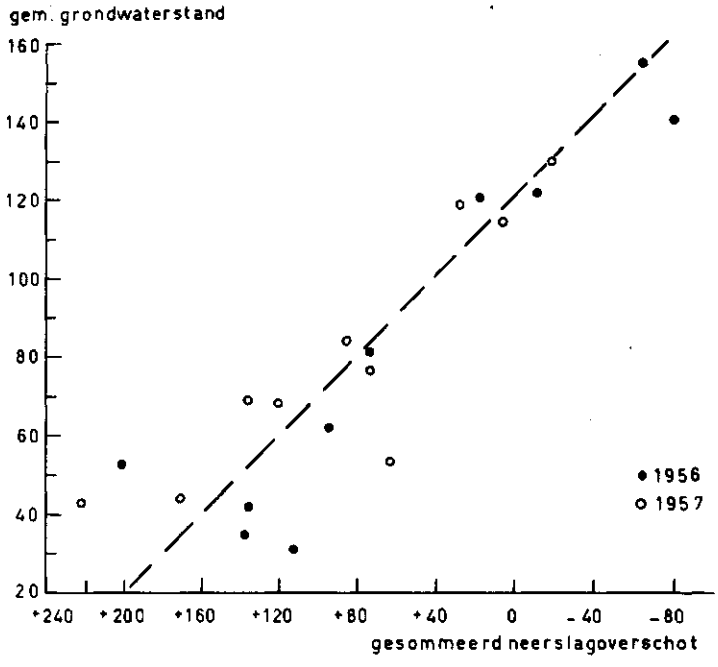


Fig. 30. Verband tussen de gemiddelde maandgrondwaterstanden en het gesommeerde neerslagoverschot

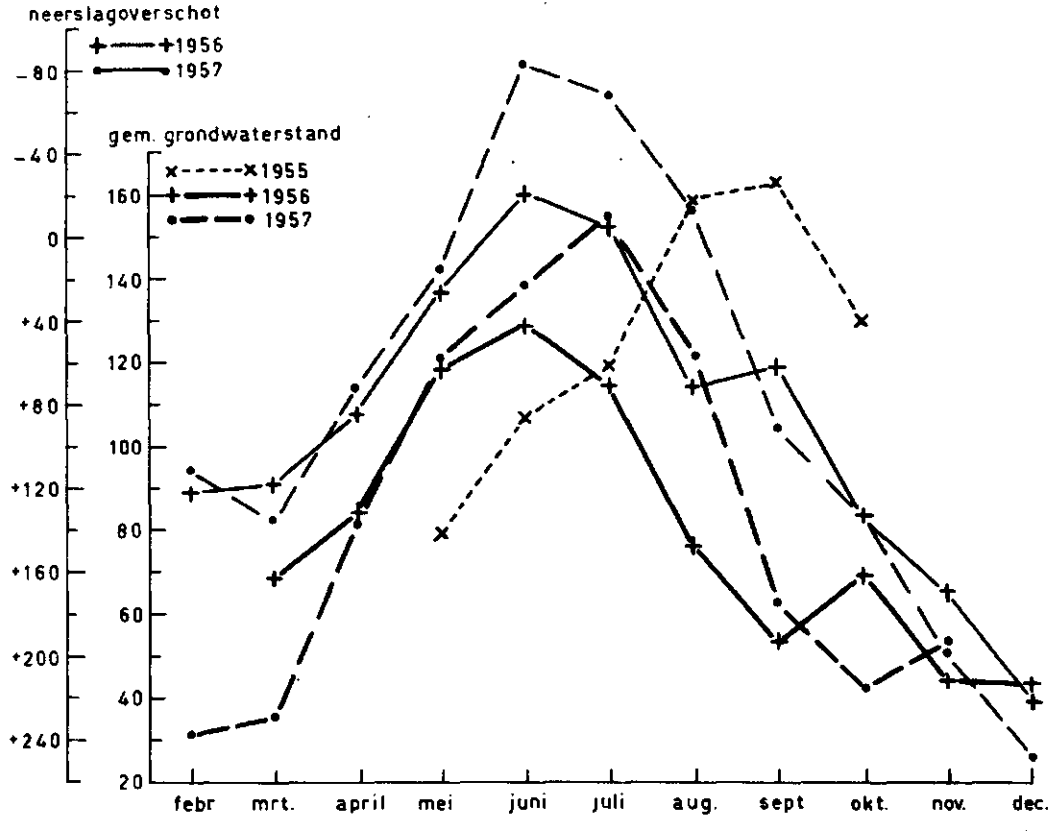


Fig. 31. Gemiddelde maandgrondwaterstanden en gesommeerde neerslagoverschotten

Er bestaat dus een duidelijke correlatie tussen de grondwaterstand en het residu van de voordien gevallen hoeveelheid neerslag. Dit verband komt ook tot uiting wanneer in eenzelfde grafiek het verloop van de gemiddelde maandgrondwaterstanden en de gesommeerde neerslagoverschotten wordt weergegeven (fig. 31). Wij zien het vrijwel synchroon verlopen der neerslagoverschot- en grondwaterstandslijnen voor hetzelfde jaar. Onregelmatigheden kunnen worden veroorzaakt door imponderabilia zoals wijzigingen in de ontwateringsintensiteit door wisselende slootwaterpeilen.

Typerend voor dit gebied is, dat ieder vegetatieprofiel zijn eigen grondwaterregime blijkt te hebben. Door CNOSSEN en HEYINK (1958) is nl. nagegaan of er verband bestaat tussen het vegetatietype en de daarin gemeten grondwaterstand. Uit de met behulp van de beschikbare gegevens van 1955-1957 geconstrueerde grondwaterstandslijnen kwam naar voren, dat het verantwoord is de grondwaterbeweging in een bepaald vegetatieprofiel globaal af te leiden uit de gevonden curven, die weliswaar niet voor ieder jaar op hetzelfde niveau zullen liggen, maar die toch in grote trekken dezelfde gedaante en ligging bezitten. Enkele van deze vegetatieprofiel-grondwaterstandcorrelaties worden getoond in fig. 32. Voor de indeling der grondwatertrappen van de 1-50.000 bodemkaart van de Stiboka kon van deze grondwater-vegetatieprofielrelaties gebruik worden gemaakt. In tabel XXVIII zijn voor de verschillende in het onderzoek betrokken vegetatieprofielen de uit de waarnemingen van 1955-'57 gedestilleerde globale grenzen aangegeven waartussen de grondwaterstanden kunnen fluctueren.

Bij beschouwing van de in fig. 33 gegeven betrouwbaar gebleken invloedskrommen van de gemiddelde grondwaterstand op de bruto-produktie is wederom eenzelfde optimumverschuiving te constateren als bij de frequentieverdelingen van de gemiddelde grondwaterstanden in 1955-'57. De meest gunstige gemiddelde grondwaterstand lag in 1955 bij 125 cm-mv, in 1956 bij 100 cm-mv en in 1957 bij 90 cm-mv. De vorm der invloedscurven is vrijwel identiek. De steile linkerbenen wijzen, zelfs in 1955, op het nadelige effect van te ondiepe grondwaterstanden op de grasproduktie. In 1955 geeft de hoge gemiddelde grondwaterstand van 35 cm-mv een mogelijke opbrengstdepressie ten opzichte van het optimum van niet minder dan 33%. In 1956 en 1957 geeft een - in 1955 niet voorkomende- gemiddelde grondwaterstand van 20 cm-mv een oogstdepressie van resp. 25 en 26% ten opzichte van het optimaal bereikbare.

TABEL XXVIII. Grondwatertrappenindeling van de vegetatieprofielen

gemiddelde hoogste grondwaterstand / gemiddelde laagste grondwaterstand in cm beneden maaiveld			<40 / 80-120	40-80 / 80-120	<40 / >120	40-80 / >120	>80 / >120
grondwatertrap / vegetatietype	I	II	III	IV	V	VI	VII
middelhoge heidzandgronden						X	
zwakkazige lage heidezandgronden					X	X	
matigkazige lage keidezandgronden					X		
sterkkazige lage heidezandgronden			X		X		
sterkkazige lage heidezandgronden in zeer sterk lemig zand					X		
bruine woudzandgronden			X		X		
gebleekte woudzandgronden			X				
lemige gebleekte woudzandgronden		X	X				
keileemgronden met lage heide-podzol					X		
keileemgrond met bruine woudzand-profiel			X		X		
veengronden		X					

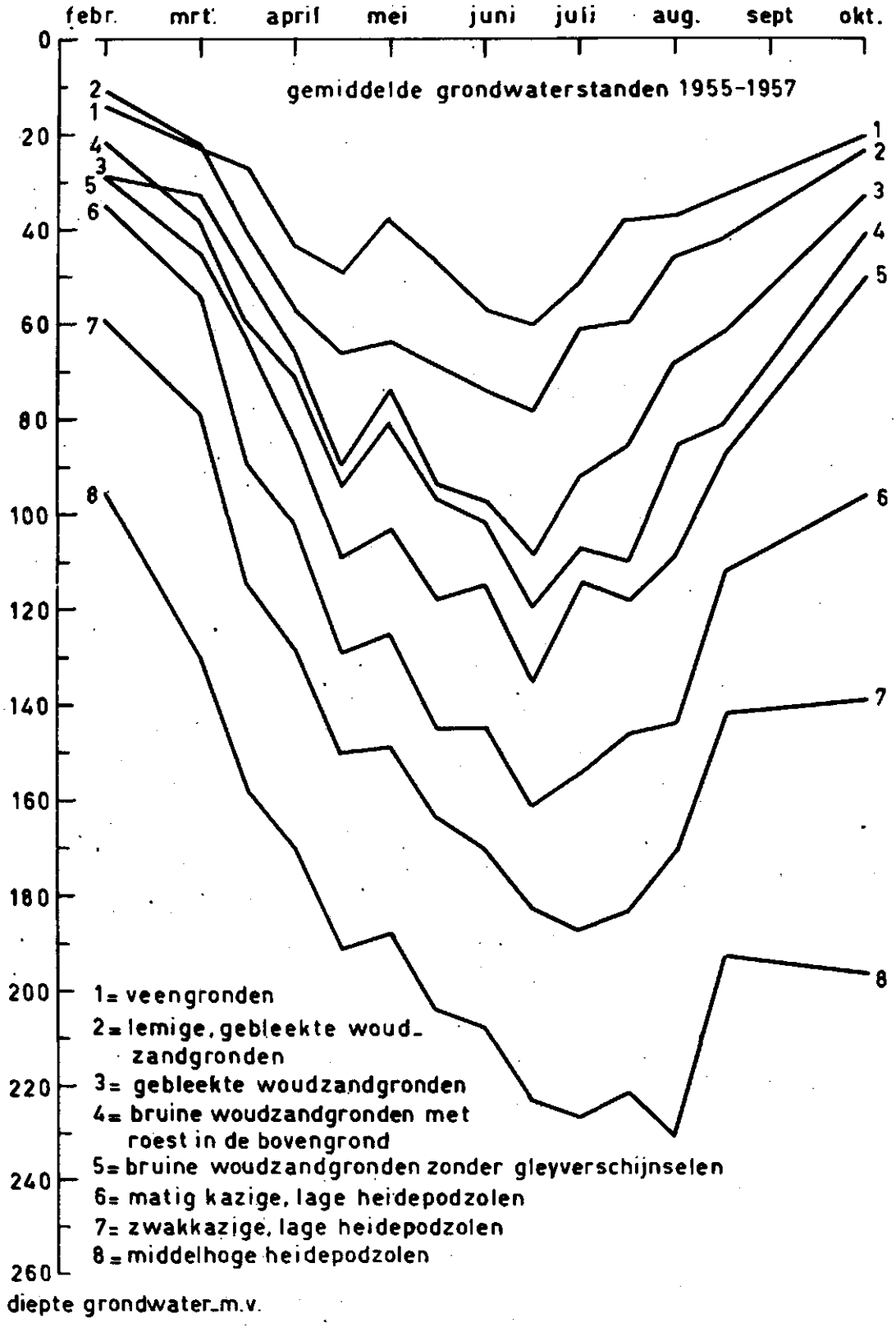


Fig. 32. Grondwaterstandenverloop en vegetatieprofiel

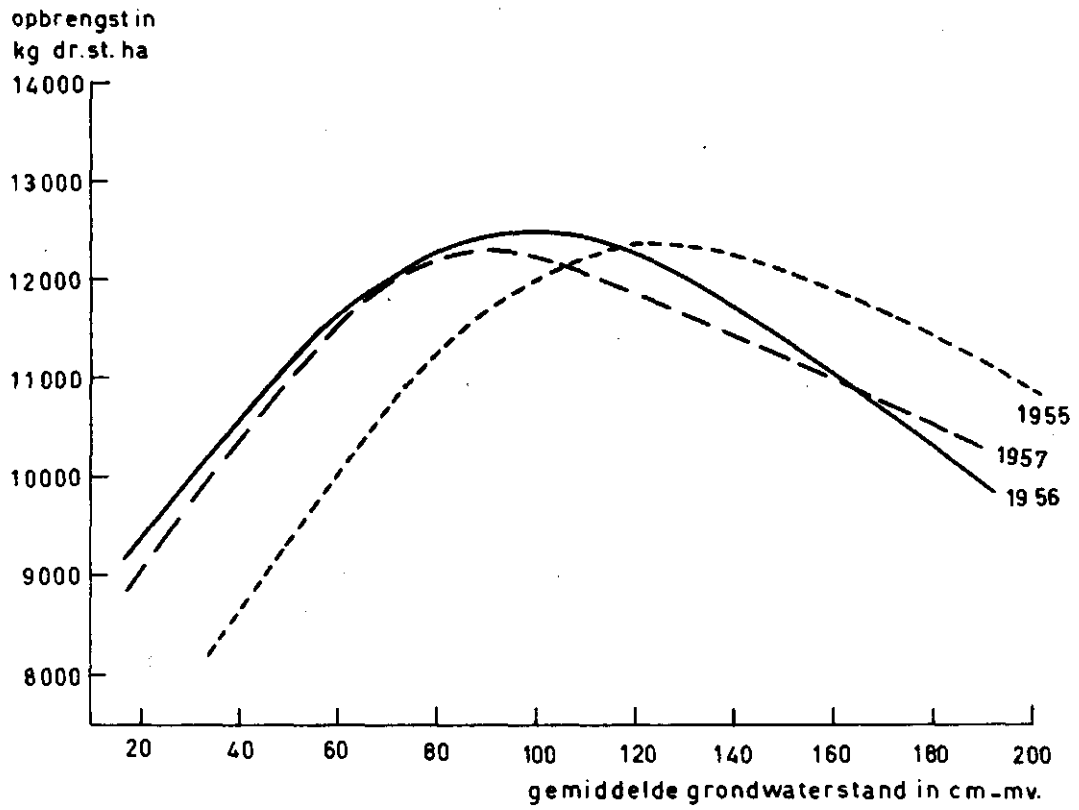


Fig. 33. Effect op de bruto-opbrengst van de gemiddelde grondwaterstand

Gezien de rechterkant van de 3 krommen, blijken de diepere grondwaterstanden minder ongunstig te werken op de bruto-opbrengst dan de ondiepe. Een extreem lage gemiddelde grondwaterstand van 180 cm-mv veroorzaakte in 1955 een mogelijke opbrengstdepressie van 11% ten opzichte van het optimum. In 1956 en 1957 was dit resp. 17 en 14%; voor alle 3 jaren dus een aanmerkelijk kleiner produktieverlies dan bij te hoge grondwaterstanden. De vegetatie is klaarblijkelijk beter bestand tegen watertekort dan tegen teveel vocht in de wortelzone.

Het ten naaste bij 1/3 deel minder produceren in een droog jaar als 1955 op velden met van huis uit een hoge gemiddelde grondwaterstand is te verklaren uit het feit, dat dergelijke velden, die in de

meeste gevallen toch al niet hoog komen in hun produktie, bij dalende grondwaterstanden nog meer achterblijven ten gevolge van de omstandigheid, dat het slechts ondiep ontwikkelde wortelstelsel geen verdere grondwaterstandsdaling verdraagt. De natste percelen, met een ondiepe gemiddelde grondwaterstand, hebben in een droge periode eerder gebrek aan water dan de droge, diep ontwaterde maar goed doorwortelde profielen.

Dat te hoge grondwaterstanden doorgaans een groter nadelig effect hebben op de produktie dan te lage niveau's is ten dele verklaarbaar uit het feit dat deze hoge grondwaterstanden veelal optreden in neerslagrijke perioden, waarbij dan tekorten kunnen voorkomen aan de belangrijke groeifactoren warmte en zonneschijn. Bovendien kunnen langdurige hoge grondwaterstanden aanleiding geven tot luchtgebrek in de wortelzone.

De kardinale vraag welke de meest gunstigste gemiddelde grondwaterstand is voor het in onderzoek genomen deel der Friese Wouden is zonder meer niet duidelijk en afdoende te beantwoorden. Ondiep ontwaterde percelen zullen in droge jaren snel gevaar lopen te verdrogen; diep ontwaterde percelen ontvangen in natte jaren weliswaar veel vocht, maar blijven dan toch in produktie achter ten gevolge van te lage temperaturen en te weinig zonlicht.

Een gemiddelde grondwaterstand liggende tussen 70 en 130 cm-mv is in natte jaren de meest gunstigste gebleken, waarbij geen grotere, aan de grondwaterstand toe te schrijven opbrengstdepressies voorkwamen dan 5%. Dit gunstige traject lag in 1955 bij grondwaterstanden tussen 100 en 150 cm-mv. Over alle drie jaren bekeken gaf slechts een zeer nauw traject met grondwaterstanden van 100-110 cm-mv, opbrengstdepressies van 5%. Dit zijn slechts gemiddelde waarden, want het gebied is qua profielopbouw en hoogteligging dermate heterogeen dat het ontwateringstechnisch reeds onmogelijk is te streven naar een universele grondwaterstand. Aan de hand van de profielopbouw zal moeten worden nagegaan of het zin heeft de bestaande gemiddelde grondwaterstand zo mogelijk te wijzigen, teneinde tot hogere opbrengsten te komen. Zo zal het zonder meer duidelijk zijn, dat b.v. de diepe, slecht ontwaterde veengronden langs de stroompjes niet voor een rigoureuze grondwaterstandsverlaging in aanmerking komen omdat enerzijds de vegetatie een dergelijke maatregel slecht zou verdragen terwijl anderzijds door verlaging van het grondwaterpeil waarschijnlijk

onregelmatige inklinking en irreversibele indroging van het veen zou optreden met alle gevolgen van dien, nog afgezien van de feitelijke onmogelijkheid om op deze laaggelegen gronden een grondwaterpeilverlaging te verwezenlijken. Aan de andere kant hebben we in dit gebied te maken met zeer ver uit het grondwater liggende middelhoge heidegronden, waarop het zeer moeilijk zal zijn de grondwaterstand te verhogen. Voor dergelijke percelen zal incidentele aanvullende watervoorziening in de vorm van beregening in droge jaren uitkomst kunnen bieden, terwijl het de overweging waard is de mogelijkheid van de verbouw van voedergewassen als mais en voederbiet onder ogen te zien.

Samenvattend kan worden gezegd, dat over het gehele gebied genomen weliswaar een gemiddelde grondwaterstand van ca 1 m-mv aantrekkelijk is ; maar dat het tot stand brengen van een dergelijke grondwaterstand nu eenmaal stuit op praktische moeilijkheden.

Wel kan worden gesteld dat, waar deze mogelijkheid zich voordoet, het handhaven van een diepe wintergrondwaterstand aanbeveling verdient om tenminste in het voorjaar ongewenste hoge stijgingen na regenval enigermate te kunnen voorkomen.

Overigens zijn de uitkomsten van drie proefjaren niet voldoende om ten aanzien van de meest gewenste grondwaterstand een concreet antwoord te geven, daar de reactie van de grasgroei op de grondwaterstand in belangrijke mate wordt bepaald door de heersende weersgesteldheid. Een bepaalde grondwaterstand kan het ene jaar ongunstig op de opbrengst werken door een teveel aan vocht, het andere jaar ten gevolge van een tekort aan water. Bovendien gaat een op een bepaald perceel bij een bepaalde grondwaterstand verkregen hoge bruto-opbrengst lang niet altijd samen met een optimale nettoproduktie. Een hoge bruto-opbrengst op een nat perceel kan ten gevolge van vertrapping of verkwisting leiden tot een geringere nettoopbrengst, terwijl omgekeerd een matige brutoproduktie op een droog perceel een goede netto-opbrengst aan droge stof en zetmeelwaarde kan opleveren.

Er bestaat dus geen optimale grondwaterstand over een langere periode en de bruto-opbrengst is op zichzelf geen juiste maatstaf om de grondwaterstand aan af te wegen. Over het algemeen zal bij diepere grondwaterstanden het rendement van de produktie toenemen,

terwijl tevens minder gevaar bestaat voor het optreden van ziekten bij het vee (leverbot). Het alternatief luidt dus: hogere grondwaterstanden met hogere bruto-opbrengsten, maar met kans op een lager rendement, of lagere grondwaterstanden met lagere bruto-opbrengsten, maar veelal een hoger rendement.

Wanneer echter de mogelijkheden van eventueel noodzakelijke kunstmatige watervoorziening aanwezig zijn, verdient het in de Friese Wouden aanbeveling te streven naar een ontwateringsdiepte gedurende het groeiseizoen van ca. 1 m, temeer daar bij deze grondwaterstand zo goed als geen beweidingsmoeilijkheden meer optreden in de vorm van vertrapping en versmering.

3.6.12. De invloed van de grondwaterstandsfluctuatie

De voor een periode berekende gemiddelde grondwaterstand op een bepaald perceel wordt beschouwd als de representant van de in dit tijdvak op dit perceel gemeten grondwaterstanden. Of die gemeten grondwaterstanden zelf echter voldoende representatief zijn voor de in werkelijkheid in die periode opgetreden grondwaterstanden is ten dele afhankelijk van de meetfrequentie - ideaal zou zijn een continu metend, zelfregistrerend apparaat - maar wordt voor een ander deel zuiver aan het toeval overgelaten. Bij meting om de 2 à 4 weken kunnen nl. bepaalde, de gemiddelde grondwaterstand sterk beïnvloedende standen gemist zijn, waardoor het naderhand berekende gemiddelde geen juiste afspiegeling zou kunnen geven van de feitelijke grondwaterbeweging. Een berekende gemiddelde grondwaterstand blijft dus altijd een compromisgegeven, dat nooit aanspraak kan maken op grote nauwkeurigheid in de weergeving van de werkelijke toestand.

Bovendien zijn deze berekende grondwaterstanden in feite geen onderling vergelijkbare grootheden. Op het ene veld is de gemiddelde grondwaterstand de resultante van zeer hoge en zeer lage standen; op een ander veld werden minder grote schommelingen in grondwaterstand bereikt, maar van beide percelen wordt dezelfde gemiddelde grondwaterstand berekend. Ter illustratie hiervan is tabel XXIX opgenomen, bevattende een aantal gelijke gemiddelde grondwaterstanden, bepaald uit zeer verschillende maandgemiddelden.

TABEL XXIX. Enkele gelijke gemiddelde grondwaterstanden, berekend uit verschillende maandgemiddelden in 1957

Veld no.	Gem. grondwaterstand in de maand										Gem. grondwaterstand febr/nov.	Fluctuatie maart/juli
	febr.	mrt.	apr.	mei	juni	juli	aug.	sept.	okt.	nov.		
2	10	44	80	102	115	247	32	40	15	16	70	203
43	11	14	78	128	142	171	95	29	41	21	72	157
107	38	0	38	122	137	150	111	29	74	0	70	150
25	17	23	92	106	120	150	110	33	28	25	70	127

Behalve de gemiddelde grondwaterstand zelf is de wijze waarop deze grootheid tot stand kwam een voorname factor. Vandaar dat in het kader van dit onderzoek ook aandacht is besteed aan de in de loop van het groeiseizoen opgetreden fluctuaties in de grondwaterstand op iedere proefplek. Te dien einde werd het verschil berekend tussen de hoogste en de laagste maandgemiddelden, als maat voor de veranderingen in grondwaterstand die gedurende het groeiseizoen op een bepaald perceel zijn opgetreden. Voor ieder proefjaar werd afzonderlijk bekeken welke maandgemiddelden voor het merendeel der percelen resp. het hoogste en het laagste uitvielen. Zo is voor 1955 de fluctuatie berekend uit de maandcijfers van augustus en mei, voor 1956 uit juni en september en voor 1957 uit de maanden juli en maart. Deze drie fluctuatiekolommen zijn in de desbetreffende polyfactoranalyse als groeifactor opgenomen.

De fluctuatie in grondwaterstand is, behalve van de bodemgesteldheid uiteraard in hoge mate afhankelijk van hoeveelheid neerslag, neerslagverdeling en verdamping. Vandaar dat de percelen ieder jaar weer andere grondwaterstandsschommelingen vertonen. De fluctuatieverdeling is voor de drie proefjaren afzonderlijk weergegeven in fig. 34. De groeiseizoenen van 1955 en 1956 vertonen wat de fluctuatie betreft veel overeenkomst. In 1957 waren de schommelingen in grondwaterstand over het algemeen aanmerkelijk groter.

De kleinste fluctuatie werd berekend voor een diepe veengrond en bedroeg 6 cm in 1957, de grootste, ten bedrage van 242 cm, werd gevonden op een matig fijnzandgrond in 1956. Over alle percelen gemiddeld bedroeg de fluctuatie in 1955, 1956 en 1957 resp. 80, 77 en 115 cm.

In de loop van 1957, 1958 en 1959 werd in totaal zes maal gelijktijdig de grondwaterstand gemeten op een aantal proefplekken in de Friese Wouden en de Gelderse Vallei die groepsgewijze ongeveer dezelfde berekende gemiddelde grondwaterstand bezaten. Ook hierbij bleek dat op percelen die qua gemiddelde grondwaterstand vergelijkbaar zijn, de gelijktijdige gemeten actuele grondwaterstanden totaal verschillend kunnen zijn in afhankelijkheid van de bodemgesteldheid en de hiermee verband houdende waterhuishouding. In fig. 35 zijn tegen elkaar uitgezet de gelijktijdig opgenomen grondwaterstanden van vergelijkbare percelen in de Friese Wouden en in de Gelderse Vallei.

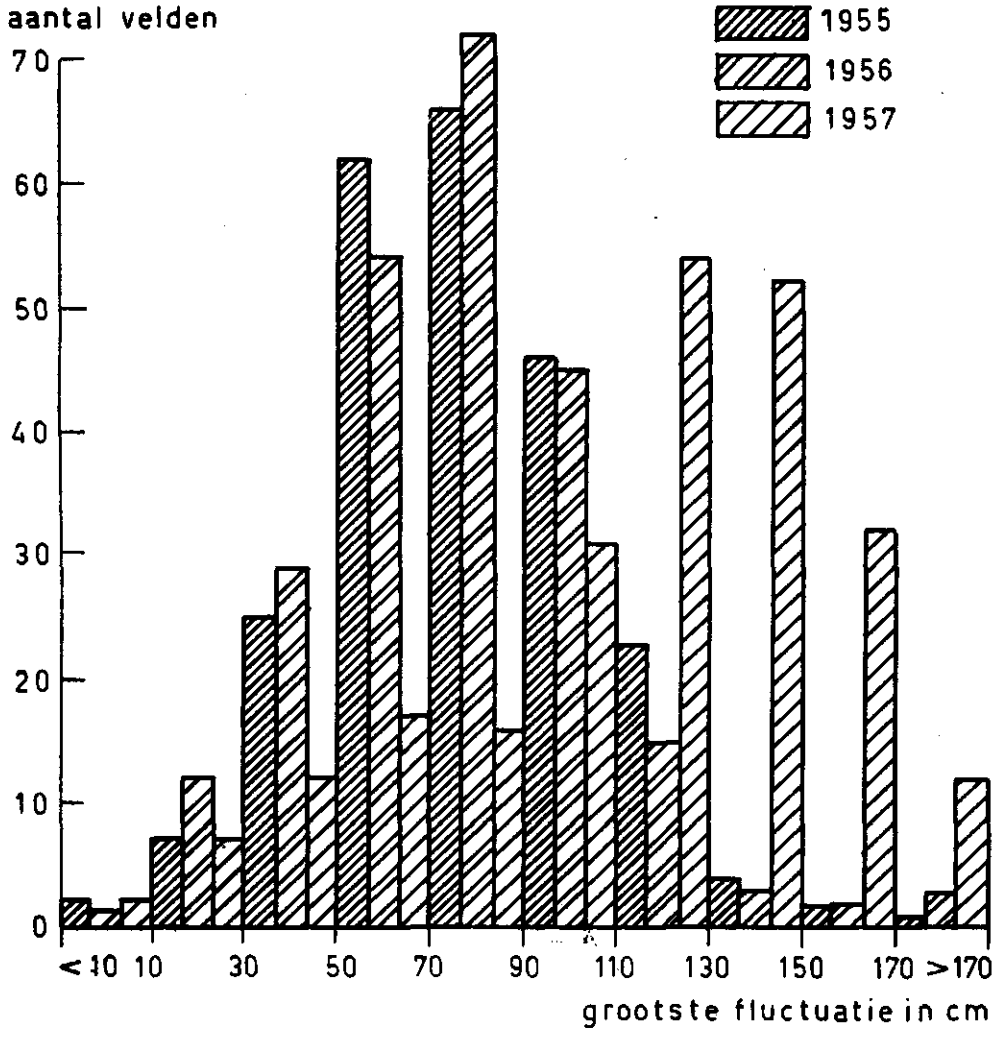


Fig. 34. Frequentieverdeling van de grondwaterstandfluctuaties

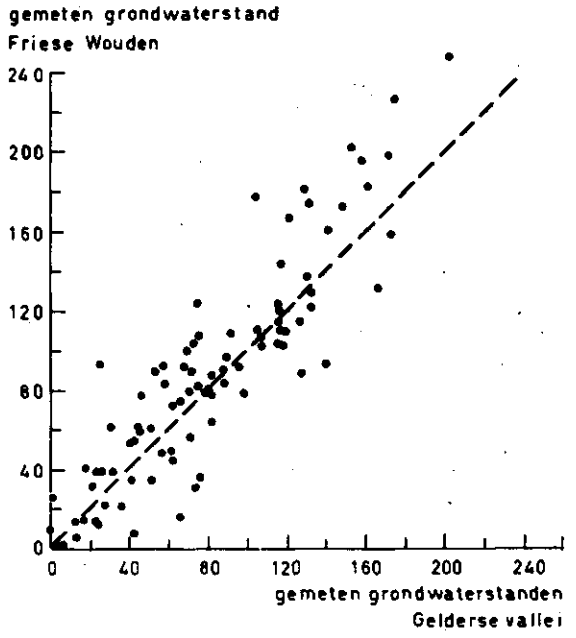


Fig. 35. Verband tussen gelijktijdig gemeten grondwaterstanden op percelen in de Friese Wouden en de Gelderse Vallei met overeenkomstige gemiddelde grondwaterstanden

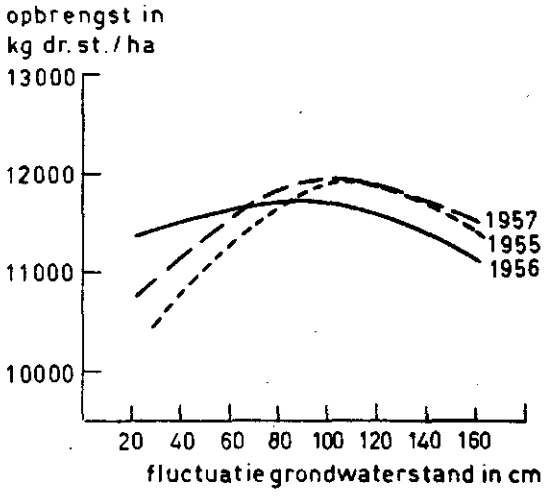


Fig. 36. Invloed van de grondwaterstandfluctuatie op de opbrengst

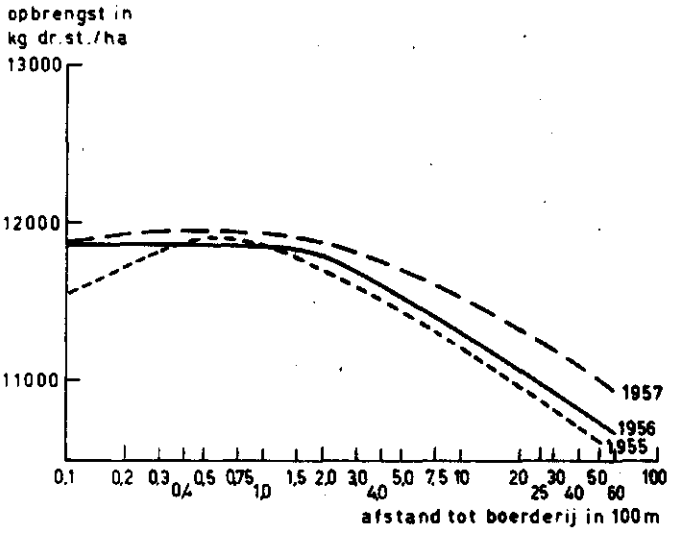


Fig. 37. Invloed van de afstand tot de boerderij op de opbrengst

Het verband tussen de twee gebieden is duidelijk aanwezig, doch de spreiding om de 45°-lijn is in vele gevallen aanzienlijk, met onderlinge verschillen tot 70 cm. Opvallend zijn de diepere diepe grondwaterstanden en voor een deel ook de ondiepere ondiepe grondwaterstanden in de Friese Wouden. Dit zou kunnen wijzen op een grotere neiging tot fluctuatie in de grondwaterstand in de Friese Wouden dan in de Gelderse Vallei.

Het resultaat van de polyfactoranalyses met betrekking tot de invloed van de grondwaterstandsfluctuatie op de bruto-opbrengst is in zoverre teleurstellend geweest, dat in de drie jaren van onderzoek slechts in één jaar, nl. in 1955 een betrouwbaar effect kon worden aangetoond (fig. 36).

Vooropgesteld, dat het aangetoonde effect slechts geldig is voor de groei- en weersomstandigheden zoals deze zich in 1955 manifesteerde, kunnen we aannemen, dat een verschil tussen hoogste en laagste gemiddelde maandgrondwaterstand van 100 à 120 cm een gunstige invloed had op de brutoproduktie. Grotere fluctuaties kunnen bij een beperkt waterbergend vermogen van de grond aanleiding geven tot watertekort en gaven in 1955 opbrengstdepressies tot 5%. Zeer kleine fluctuaties, waarbij de grondwaterstand dus min of meer constant blijft in de tijd, kunnen veel grotere produktieverlagingen teweeg brengen. Waarschijnlijk is een zekere schommeling in grondwaterstand in alle gevallen gewenst, ter ventilatie van de wortelzone.

Samenvattend kan worden gesteld, dat een op en neergaande beweging van het grondwater, tenminste in 1955, in grote lijnen en tot op zekere hoogte gunstig is gebleken voor de opbrengst van het grasland in de Friese Wouden, doch dat voor andere jaren en weersomstandigheden hieromtrent geen uitsluitsel kan worden verkregen.

3.6.13. De invloed van de afstand van het perceel tot de boerderij

Als laatste onafhankelijke variabele met een vermoed effect op de brutoproduktie wordt besproken de afstand van de proefplekken tot de bedrijfsgebouwen van de gebruiker van het perceel.

Daar bij de keuze van de proefplekken weinig aandacht kon worden besteed aan de ligging ten opzichte van de boerderij, mag deze

factor min of meer als een sluitpost worden beschouwd. Dit komt tot uiting in de verdeling der percelen met betrekking tot hun ligging: 78% der proefplekken ligt niet verder dan 1 km van de basis, 16% is gelegen tussen 1000 en 4000 m en de overige zijn 4-6 km van de bedrijfsgebouwen verwijderd.

Onder 3.5.2. werd bij de behandeling van het grondonderzoek reeds vermeld dat de afstand van de proefplekken tot de boerderij van invloed is op een aantal chemische bodemvruchtbaarheidsfactoren als zuurgraad, kali- en fosfaatgehalte. Daar deze verbanden echter in de polyfactoranalyse weggecorrigeerd worden, mag bij de verklaring van het effect van de liggingop de opbrengst niet worden teruggegrepen op deze situatie-invloeden van reeds eerder behandelde factoren. Het zuivere afstandseffect van de proefplekken op de produktie is daardoor tamelijk moeilijk te interpreteren. Waarom, zo kan men zich afvragen,geven verre velden, alleen al ten gevolge van hun ligging, dikwijls een opbrengst die ten opzichte van het gebiedsgemiddelde aan de lage kant is, hetgeen voor de jaren 1955 en 1956 betrouwbaar kon worden vastgesteld (fig. 37).

Hoe verder van de boerderij, hoe meer percelen er vallen in de categorie laaggelegen, gepachte hooilanden en/of jongveeweiden, waarvan bekend is dat ze niet die zorg ontvangen, welke noodzakelijk is om tot een optimale produktie te geraken. Vaak worden deze slecht toegankelijke, verst verwijderde percelen min of meer vergeten: de boer komt er, zowel letterlijk als figuurlijk, niet altijd aan toe. Het gevolg is, dat op deze percelen vaak de detailontwatering niet in orde is en bemesting en verzorging worden verwaarloosd. Dit onoordeelkundig gebruik kan leiden tot een minder produktieve vegetatie met een bovendien vaak weinig draagkrachtige grasmat. Enkel uit hoofde van hun ligging komen en schieten de verre percelen dus dikwijls tekort.

Niet alleen bleven de proefplekken op 4 km en verder van de boerderij in 1955 en 1956 ten gevolge van hun ligging gemiddeld ca. 10% in de produktie ten achter vergeleken met het optimale produktiepeil, doch dit betreft nog slechts de aan de hand van kooiopbrengsten geschatte brutoproduktie. Deze is dikwijls nog redelijk te noemen.

Voor het overige is het veld echter vaak moeilijk te maaien, laat staan te weiden, waardoor van een werkelijk verkregen opbrengst over het gehele perceel zo goed als geen sprake is. Voor deze ver van de bedrijfsgebouwen gelegen extensieve hooilanden zal de ruilverkaveling "Koningsdiep" waarbij landbouwwegen worden verbeterd of aangelegd, te venige percelen worden bezand, en ook een aantal boerderijen worden verplaatst, verbetering in de situatie kunnen brengen.

Dat echter in 1955 ook de zeer dichtbij huis gelegen percelen in produktie achterbleven, kan geweten worden aan de omstandigheid, dat dicht bij huis in de Friese Wouden veelal betekent hoog gelegen, hetgeen in een droog uitvallende zomer als van 1955 kan leiden tot opbrengstdepressies door vochtgebrek.

Wanneer vaststaat, dat over een lange reeks van jaren dergelijke percelen stelselmatig in produktie achterblijven, zou een aanpak in de richting van scheuren tot bouwland of beregening de aandacht waard zijn. Wat de inschakeling van bouwland betreft is bekend, dat bij normale regenval het systeem van doorgaans dieper wortelende wisselweide hogere opbrengsten kan opleveren dan permanente graslanden. Wisselbouw vraagt echter aanpassing van gebouwen, leiding, personeel en inventaris.

Met beregening wordt op hoge ontginningsgronden soms een netto-opbrengst van 4000-5000 kg zetmeelwaarde per ha bereikt. Of beregening in de Friese Wouden rendabel kan zijn, is in dit stadium nog niet te bekijken. O.a. moet worden afgewacht wat de ruilverkaveling doet t.a.v. de te kleine bedrijven. De afstand tot de boerderij behoeft in een gesaneerd gebied theoretisch niet tot lagere opbrengsten te leiden. In de praktijk zien we dat in het onderzoekgebied, ofschoon de brutoproduktie van de ver verwijderde percelen behoorlijk kan zijn, het opbrengstrendement veelal te wensen overlaat.

4. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

In de jaren 1955, 1956 en 1957 werd in het oostelijke deel van de provincie Friesland, genaamd "De Wouden", een regionaal bodemvruchtbaarheidsonderzoek verricht op grasland. Het doel van dit onderzoek was het opsporen van de bodemfactoren die invloed uitoefenen op de grasproduktie, en zo mogelijk het bepalen van de grootte dezer invloeden. Tevens bood dit onderzoek de gelegenheid om te komen tot een beschrijving van het gebied, gericht op bodem, waterhuishouding en landbouw.

Het onderzoek werd opgezet volgens het principe van een proef zonder ingreep van buiten af, waarbij van een aantal proefplekken, uitgezocht aan de hand van de verschillende vegetatietypen, gegevenswerden verzameld die via een speciale bewerkingsmethode in verband werden gebracht met door schatting en meting bepaalde opbrengsten.

In hoofdstuk 2 wordt de bodemkundige, waterhuishoudkundige en landbouwkundige gebiedsbeschrijving gegeven.

Van de gronden in de Friese Wouden bestaat 75% uit fijnzandige, hoge of middelhoge, al dan niet lemige zandgronden. In de ondergrond van deze zandprofielen wordt vaak keileem aangetroffen, welke laag meestal begint op een diepte van 60-125 cm beneden het maaiveld. Van hoog naar laag gaande, treft men in grote trekken de volgende vegetatieprofielen aan: middelhoge en lage heidezandgronden, bruine en gebleekte woudzandgronden, veengronden. In de nieuwe nomenclatuur worden de heidezandgronden en de bruine woudzandgronden gezamenlijk aangeduid met de naam laarpodzolgrond. De gebleekte woudzandgronden worden zwarte beekeerdgronden genoemd en de veengronden, al naar gelang het humusgehalte van de bovengrond, made- of meerveengronden.

De veen- en woudzandgronden liggen langs de beken, de heidezandgronden op de plateau's, waarbij de middelhoge heidegronden gebonden zijn aan de dekzandruggen. De lage heidezandgrond en de bruine woudzandgrond komen het meest voor.

De waterafvoer van de Wouden is in hoofdzaak westwaarts gericht ten gevolge van het O-W-verval van het terrein, en geschiedt via een aantal brede stroomdalen. Het gehele gebied heeft van oudsher met grote afwateringsmoeilijkheden te kampen gehad. De waterbeheersing in de Wouden wordt bemoeilijkt door storende bodemlagen, lokale hoogteverschillen, onvolkomenheden in de hoofdafwatering door te hoge waterstanden, te kleine afvoercapaciteit, slechte onderhoudstoestanden en gebrekkige drainage. In het kader van de ruilverkaveling "Koningsdiep" wordt grote aandacht besteed aan de waterhuishouding, die echter ten nauwste samenhangt met de afwateringsmogelijkheden van de Friese Boezem.

Het oorspronkelijke landschap van de Wouden werd na de Rissijstijd gevormd door bossen en veencomplexen. Mede door ontginning ontstonden heidevelden en heidepodzolen. Door stelselmatige vervening verdwenen de hoogveencomplexen en ontwikkelde zich de landbouw als permanente bestaansbron. Het van oorsprong gemengde bedrijf maakte plaats voor het weidebedrijf, vooral onder invloed van de grote landbouwcrisis in de laatste decennia van de vorige eeuw.

De landbouwkundige situatie in de Friese Wouden na 1945 was over het algemeen zo, dat de gemiddelde boer op een te klein, vaak slecht verkaveld bedrijf moest bestaan van de melkveehouderij op gronden die in vele gevallen minder goed als grasland waren te gebruiken. Aan de ene kant had hij te maken met een ondoelmatige waterbeheersing door slechte ont- en afwateringsmogelijkheden; anderzijds met reëel gevaar voor verdroging op de hogere gronden. De chemische bodemvruchtbaarheid was niet altijd even rooskleurig.

Vooral na 1956 heeft de industrialisatie van dit gebied grote veranderingen teweeggebracht. Het landbouwbedrijf is door de schaarste aan en duurte van werkkrachten van arbeidsintensief kapitaalintensief aan het worden. In het kader van streekverbeteringen en ruilverkaveling nieuwe stijl wordt gepoogd via bedrijfsvergrotingen, doelmatige verkaveling, waterbeheersing en bemesting rationelere landbouwbedrijven te verkrijgen. Behalve het volvoeren van bovengenoemde, grotendeels technisch-economische maatregelen, is het

van belang na te gaan welke en in welke mate bodemfactoren invloed hebben op de produktiviteit van het grasland. Met het verrichten van het in de voorgaande hoofdstukken beschreven onderzoek is getracht een bijdrage te leveren tot verbetering van de produktiemogelijkheden van het grasland in de Friese Wouden.

In hoofdstuk 3 worden de methoden van onderzoek en de resultaten besproken. Doelstelling, opzet en uitvoering worden uiteen gezet, waarna een vrij summiere verhandeling wordt gegeven over de gevolgde manier waarop de wiskundige bewerking der waarnemingsuitkomsten is verricht. Na een beschouwing over de waarnemingen zelf en de weersomstandigheden ten tijde van het onderzoek, wordt nader ingegaan op de resultaten van de in het eerste proefjaar (1955) uitgevoerde chemische bodemvruchtbaarheidsbepalingen op alle proefplekken. In de bovenste 5 cm van de bouwvoor worden daartoe de gehalten bepaald aan koolzure kalk, humus, afslibbare delen, totaal zand en magnesium, benevens de pH-KCl, het P-getal, P-citr en het K-gehalte. Het gehalte aan koolzure kalk is op de onderhavige gronden praktisch te verwaarlozen.

Het humusgehalte lag voor het merendeel der proefplekken tussen 6 en 14%, met enkele uitschieters naar boven op de veengronden. Slib varieerde van minder dan 5% tot meer dan 20%; 83% van het aantal proefplekken had een gehalte aan afslibbare delen 5-15%. Het gehalte aan totaal zand lag tussen 90 en 50%. Het MgO-gehalte liep uiteen van <100 tot >280. De zuurgraad van de in het onderzoek betrokken percelen was over het algemeen goed tot vrij hoog (pH-KCl 4,8-6,1). Dit werd geconstateerd op 84% van het aantal proefplekken. Volgens de oude P-citr-waardering had 23% van de veldjes een lage tot zeer lage fosfaattoestand. (P-citr <36). De kalitoestand, uitgedrukt in het K-getal, was goed tot ruim te noemen op 65% van het aantal proefplekken; 18% was te laag, 17% te hoog.

Het geheel van het grondonderzoek overziende, kan worden geconstateerd, dat, afgezien van de zuurgraad die over het algemeen goed ligt voor grasland, de cijfers dermate uiteenlopen, dat naast een redelijk percentage met waardering "goed", veel velden voorkomen met te lage of te hoge toestanden.

Het vaststellen van de opbrengst der proefplekken geschiedde door middel van visuele schatting. Op een aantal veldjes (76) werd tevens een gewogen bruto-opbrengst bepaald. Door middel van een lijnvereffening werd het lineaire verband bepaald tussen de taxaties en de gewogen opbrengst, waarna de schattingen via een ijklijn in kg droge stof per ha konden worden omgezet (fig. 7).

Voor de via de polyfactoranalyse gevonden invloeden werden betrouwbaarheidsberekeningen uitgevoerd. Er zijn 4 factoren aan te wijzen die in alle drie proefjaren een betrouwbare invloed uitoefenden op de hoogte van de opbrengst aan droge stof, nl. het K-getal, P-citr, pH-KCl en de gemiddelde grondwaterstand. Van drie factoren, nl. het U-cijfer van het zand, de dikte van de humeuze laag en het humusgehalte, moest op grond van de controleberekening worden aangenomen, dat zij niet of in geringe mate deel hebben gehad aan het tot stand komen van de opbrengst. De overige vijf in de behandeling opgenomen onafhankelijke factoren hebben wel invloed gehad, maar niet in alle jaren. De factoren: afstand perceel-boerderij en diepte keileemlaag deden hun invloed kennen in twee van de drie proefjaren; MgO-gehalte, het percentage slib en de fluctuatie van de grondwaterstand waren slechts in één jaar van belang voor de produktie.

Achtereenvolgens worden in de paragrafen 3.6.2. t/m 3.6.15 de uiteindelijke gevonden invloeden van de onderscheidene onafhankelijke factoren op de opbrengst van het grasland besproken.

Het U-cijfer, als maat voor de fijnheid van het zand, werd in de bewerking opgenomen als zijnde van belang te achten voor de vochthoudendheid van een zandgrond. Het zou uit dien hoofde van invloed kunnen zijn op de grasproduktie. De gevonden en gecorrigeerde invloeden (fig. 9) zijn echter in geen der drie jaren van onderzoek betrouwbaar gebleken, zodat uit de loop der curven geen conclusies mogen worden getrokken omtrent het belang van de fijnheid van het zand in het profiel ten aanzien van de hoogte van de opbrengst.

Het gehalte aan slib - d.i. de fractie $<16\,\mu m$ dus de kleifractie ($<2\,\mu m$) en een gedeelte van de leemfractie ($2-50\,\mu m$) -

beïnvloedt de hoeveelheid beschikbaar vocht in het profiel. Dat de via de vochtvoorziening werkende invloed van het slibgehalte op de opbrengst in twee van de drie proefjaren niet betrouwbaar is gebleken, is waarschijnlijk te wijten aan het feit, dat dit slibgehalte betrekking heeft op de laag 0-5 cm, welke laag slechts in beperkte mate kan bijdragen aan de vochtvoorziening van het doorwortelde profiel. Alleen voor 1956 was de slibinvloed betrouwbaar en werden de beste opbrengsten verkregen bij slibgehalten in de zode van 8-15%, met een breed optimum bij 10-13% (fig. 11). Lage slibgehalten geven een snellere uitputting van de vochtvoorraad en eerder kans op een veelal korte groeistagnering (tot de volgende regenbui), hetgeen echter niet tot uiting is gekomen bij de maandelijks verrichte produktiebepaling, behalve in 1956.

Het humusgehalte van de zode bleek in geen der drie proefjaren bepalend te zijn voor de opbrengst. Waarschijnlijk is de betrokken laag te dun om merkbare invloed te kunnen uitoefenen, behalve misschien bij extreem lage humusgehalten, die in dit gebied (oud grasland) echter niet voorkomen. De gevonden, doch onbetrouwbaar gebleken humusinvloed is afgebeeld in fig. 13, waarbij het opvallend is, dat de optima alle liggen bij ca. 12% humus, precies het gemiddelde humusgehalte van de 240 proefplekken.

Daar het voor de hand ligt te veronderstellen dat de dikte van de humusbevattende laag (humusgehalten $>1\%$) betekenis heeft voor de vochtvoorziening van de plant, is deze factor in de bewerking opgenomen. In de drie onderzoekjaren is echter van het belang van de dikte der humeuze laag niets gebleken, gezien de onbetrouwbaarheid van de gevonden invloeden (fig. 15). Klaarblijkelijk speelt het belang van een diepe humeuze laag voor de vochtvoorziening slechts in zeer droge jaren, en als zodanig mag zelfs 1955, bekeken over het groeiseizoen april t/m oktober, niet worden beschouwd.

In de Friese Wouden ligt onder het dekzandlandschap een grondmorene die zich manifesteert als een golvende laag keileem, waarvan dikte en aanvangsdiepte variëren, ook binnen de onderscheiden vegetatieprofielen. Uit grondwaterstandswaarnemingen

is niets gebleken van de aanvankelijk vermeende invloed van de min of meer ondoorlatend geachte keileemlaag op het grondwaterregime. De invloed van de ligging van de keileemondergrond bleek voor 1956 en 1957 reëel te zijn. De gevonden invloedskromme voor 1955 was onbetrouwbaar (fig. 17). Gronden met een ondiep gelegen keileemlaag in het profiel zijn niet diep doorwortelbaar. Voedingsstoffen die in natte jaren (1956 en 1957) uitspoelen tot in of beneden de keileemlaag, zijn niet meer voor de plant beschikbaar en zullen tijdig moeten worden aangevuld om opbrengstdepressies te voorkomen. Keileemlagen die beginnen op 80-100 cm diepte blijken de produktie gunstig te beïnvloeden. Een beredenering van de ongunstige werking van diepgelegen keileemlagen kan niet worden gegeven.

De kalitoestand van de grond is in het onderzoekgebied van grote invloed gebleken op de grootte van de produktie, alsook op de minerale samenstelling van het gras, met name op het MgO-gehalte. De gevonden invloedslijnen van het K-getal op die opbrengst (fig. 20) hebben voor alle drie jaren de vorm van een verzadigingskromme, waarbij de opbrengstverhoging bij hogere K-cijfers asymptotisch afneemt, zonder dat in het meetbereik de neiging bestaat tot passering van een optimum. De drie K-lijnen zijn alle betrouwbaar gebleken en we mogen dus een hoge kalitoestand bevorderlijk achten voor een hoge grasproduktie, afgezien van secundaire ongewenste nevenverschijnselen die niet in de grasproduktie tot uiting komen (gezondheid van het vee). Een K-getal van 60 leidt tot maximale opbrengsten, terwijl de produktiederving bij een als "goed" te kenschetsen K-getal 16-25, indien niet met kali wordt bemest, in dit gebied tenminste 5% zal bedragen. Een hoge kalitoestand werkt echter sterk belemmerend op de MgO-opneming door het gras (fig. 21).

De fosfaattoestand - ten tijde van het onderzoek nog uitgedrukt in P-citr - heeft in alle drie proefjaren een betrouwbare invloed gehad op de bruto-opbrengst (fig. 23). Zowel lage als hoge P-toestanden geven aanleiding tot oogstdepressies. De maximale produktie wordt verkregen bij P-citr 50-60, dat is het niveau dat volgens de oude fosfaattoestandswaardering aan de hand van P-citr met voldoende werd gekwalificeerd. Daar P-citr 55, in afhankelijkheid van het humusgehalte zou overeenkomen met een P-AL-getal van 28-48, hetwelk

neerkomt op een waardering vrij laag tot vrij hoog, is het helaas niet goed mogelijk om via omrekenen conclusies te trekken aangaande de invloed op de produktie van de fosfaattoestand gewaardeerd volgens P-AL-normen. Gezien de invloedslijnen is het handhaven van een juiste fosfaattoestand van groot belang voor de opbrengst. Een afdoende verklaring voor optredende oogstdepressies bij hoge fosfaattoestanden is moeilijk aan te geven. Wellicht was een hoog P-citr in combinatie met hoge humusgehalten niet altijd een goede maat voor de beschikbaarheid van fosfaat.

De invloed van de zuurgraad van de bodem op de bruto-opbrengst bleek in de drie jaren van onderzoek reëel te zijn, gezien de betrouwbaarheid van de uit de bewerking te voorschijn gekomen correctielijnen (fig. 25). De drie jaren te zamen beschouwend kan worden gezegd dat een pH-KCl van 5,8-6,0 nog niet schadelijk behoeft te worden geacht voor de grasgroei in de Friese Wouden. Wel werd een zeer nadelige invloed gevonden van lage pH's. Percelen met een pH-KCl 4,6 moeten in dit gebied reeds als duidelijk te zuur worden beschouwd met mogelijke opbrengstdervingen van 10% en hoger.

Een rechtstreekse invloed van de magnesiumtoestand op de hoogte van de produktie in het onderzoekgebied kon slechts betrouwbaar worden aangetoond voor het jaar 1957 (fig. 28). Een gehalte van 150 d.p.m. MgO blijkt optimaal te zijn wat de hoogte van de produktie betreft. Er wordt op gewezen dat MgO-bemesting bij lage toestanden noodzakelijk moet worden geacht ter verkleining van het kopziektegevaar, waarbij tevens de produktie kan worden verhoogd. Bij voor de opbrengst optimale MgO-gehalten kan echter een magnesiagift wenselijk zijn voor de gezondheid van grazend melkvee, waarbij evenwel de opbrengst, zij het in geringe mate, in ongunstige zin zou kunnen worden beïnvloed.

De invloed van de gemiddelde grondwaterstand op de brutoproduktie (fig. 31) was voor alle drie proefjaren betrouwbaar. De meest gunstige gemiddelde grondwaterstand lag in 1955 bij 125 cm beneden het maaiveld, in 1956 bij 100 cm-mv en in 1957 bij 90 cm-mv. Te ondiepe grondwaterstanden hebben een nadeliger effect op de grasproduktie dan te diepe. Over het gehele gebied genomen, zou een gemiddelde

grondwaterstand van ca. 1 m-mv aantrekkelijk zijn, ware het niet dat het tot stand brengen van een dergelijke grondwaterstand op vele praktische moeilijkheden stuit, die in de meeste gevallen samen hangen met de ligging der percelen. Overigens mogen de uitkomsten van drie proefjaren niet voldoende worden geacht om ten aanzien van de meest gewenste grondwaterstand een concreet antwoord te geven, daar de reactie van de grasgroei op de grondwaterstand in belangrijke mate wordt bepaald door de heersende weersgesteldheid.

De grondwaterstandsfluctuatie, berekend als het verschil tussen het hoogste en het laagste maandgemiddelde gedurende het groeiseizoen op een proefplek, werd in de bewerking opgenomen omdat behalve de grondwaterstand zelf ook de mate van schommeling van invloed zou kunnen zijn op de produktie. Slechts in één jaar (1955) kon worden gesproken van een betrouwbaar effect van de fluctuatie in grondwaterstand op de bruto-opbrengst (fig. 36). Een verschil tussen hoogste en laagste gemiddelde maandgrondwaterstand van 100 à 120 cm had de meest gunstige invloed op de produktie. Een zekere verandering in grondwaterstand was dus, althans onder de omstandigheden van 1955, te prefereren boven een vrij constante grondwaterstand.

De afstand van de proefplekken tot het bedrijf waartoe ze behoren, is van invloed op een aantal chemische bodemvruchtbaarheidsfactoren, zoals zuurgraad en kali- en fosfaattoestand. Deze verbanden worden in de polyfactorenanalyse weggecorrigeerd. Voor de jaren 1955 en 1956 kon toch nog een betrouwbaar afstandseffect worden bepaald, waarbij de algemene tendens is: hoe verder weg, hoe minder opbrengst. Klaarblijkelijk ontvangen de verst gelegen en vaak moeilijk te bereieken percelen van een bedrijf meestal niet die zorg die nodig is voor een optimale produktie. Echter ook de zeer dicht bij de boerderij gelegen, zg. huispercelen lieten het in 1955 enigszins afweten. Overigens geven de lijnen van fig. 37 nog een geflatteerde indruk, omdat hierbij de opbrengst is bepaald aan de hand van de brutoproduktie gemeten onder kooien, dus onder ideale omstandigheden. De werkelijke netto-opbrengst op de verre velden is vaak veel kleiner of zelfs nihil (mislukte hooioogst door wateroverlast, vernieling door jongvee, ontoegankelijkheid).

Wanneer we de balans opmaken van dit driejarige onderzoek naar de factoren die de bruto-grasproduktie bepalen, moeten we ons in de eerste plaats afvragen in hoeverre de gevonden wetmatigheden werkelijk in de spreiding van de opbrengsten tot uiting komen. Om dit te ervaren werd per jaar de zg. multipele correlatiecoëfficiënt berekend. Het kwadraat hiervan is een maat voor het gedeelte van de spreiding in de waargenomen opbrengst dat is terug te voeren op die van de in de bewerking betrokken onafhankelijke factoren. Voor 1955, 1956 en 1957 bedroeg dit met behulp van de gekozen factoren te verklaren gedeelte van de opbrengstspreiding resp. 38, 55 en 46%. Gemiddeld over de drie jaren zijn we erin geslaagd ongeveer 46% van de opbrengstspreiding te verklaren. De restspreiding moet worden toegeschreven aan methodische fouten, verwaarloosde invloeden en interacties tussen de onafhankelijke factoren die zijn blijven zitten.

Gezien de constatering, dat kali- en fosfaattoestand, zuurgraad en gemiddelde grondwaterstand in alle drie proefjaren een betrouwbare invloed hadden op de produktie, verdienen chemische bodemvruchtbaarheid en waterhuishouding in de Friese Wouden de meeste aandacht. Voorts mag het aspect van de afstand van de percelen tot de bedrijfsgebouwen niet worden verwaarloosd. Van de overige factoren zijn er een aantal die tekenen van invloed vertonen, doch hun gedrag ten opzichte van de jaren is voorshands niet duidelijk, zodat - zo al mogelijk - veranderingen aanbrengen in deze factoren ter verkrijging van een betere produktie niet verantwoord is.

5. LITERATUUR

ADVIESBASIS voor de bemesting van landbouwgronden aan de hand van resultaten van grondonderzoek. 1962. Rijkslandbouwconsulentschap voor Bodem- en Bemestingsvraagstukken/Instituut voor Bodemvruchtbaarheid/Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek, 's-Gravenhage.

Agrarisch Welvaartsplan Friesland. 1957. Prov. Bestuur van Friesland, Leeuwarden.

BAKHUIS, J.A., 1960. Estimating pasture production by use of grass length and sward density. Neth. J. Agr. Sci. 8: 211-224.

Betekenis van de houtwallen; De. 1955. Prov. Planol. Dienst Drenthe, Assen.

Bodemkaart van Nederland, schaal 1:200 000, 1961, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen. Blad 2, Friesland. Blad 10, Legenda en Verklaring van de gebruikte termen.

BOEKEL, P. en PEERLKAMP, P.K., 1957. Een onderzoek naar het verband tussen de voor de plant in de bodem beschikbare hoeveelheid vocht en enkele elementaire eigenschappen van zandgronden uit de Gelderse Vallei en Brabant. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 11-1957.

BOER, Th.A. DE, 1950. De botanische karteringen van het Nederlandse grasland. Versl. Centr. Inst. Landbouwk. Onderz. 1949: 19-20.

BOER, Th.A. DE, 1954. Het verband tussen vegetatie-karteringseenheden en de bruto jaaropbrengst op grasland. Landbouwk. Tijdschrift 66:563.

BOER, Th.A. DE, 1956. Een globale graslandvegetatiekartering van Nederland. Versl. Landbouwk. Onderz. 62.5.

BOER, Th.A. DE, 1959. De vegetatiekartering ten behoeve van de graslandverbetering. Landbouwk. Tijdschr. 71: 105-110.

BOER, Th.A. De en FERRARI, Th.J., 1956a. Bodemvruchtbaarheid, vegetatiekarteringseenheid en opbrengst van grasland in een zandgebied (Gelderse Vallei). Versl. Landbouwk. Onderz. 62.15.

BOER, Th. A. DE en FERRARI, Th. J., 1956b. De samenhang tussen graslandvegetatiekarteringseenheden, bodemvruchtbaarheid en opbrengst in de Gelderse Vallei. Landbouwvoorlichting 13: 686-692.

BOER, Th. A. DE and FERRARI, Th. J., 1961. Agricultural and pedological indication of grassland-vegetation survey units. Neth. J. Agr. Sci. 9: 61-70.

BOER, Th. A. DE en JAGTENBERG, W. D., 1957. De bruikbaarheid van graskooien voor opbrengstbepalingen. Landbouwvoorlichting 14: 622-623.

BOSKMA, K., 1957. Invloed van de zuurgraad en de fosfaattoestand op de botanische samenstelling van een veengrasland. Landbouwvoorlichting 14: 446-449.

BRILMAN, G. et al., 1956. Streekverbeteringsplan "De Drie Gemeenten", deel I. Streekcomm. "De Drie Gemeenten", Drachten.

BRILMAN, G. et al., 1957. Streekverbeteringsplan "De Drie Gemeenten", deel II. Streekcomm. "De Drie Gemeenten", Drachten.

BRILMAN, G. et al., 1959. Streekverbeteringsplan "De Drie Gemeenten", deel III. Streekcomm. "De Drie Gemeenten", Drachten.

BIJKERK, C., 1963. Problemen van waterafvoer in agrarische gebieden. Comm. Hydrol. Onderz. T.N.O., Versl. Meded. 9:28-54.

Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), 1956. Statistiek van de land- en tuinbouw 1955. De Haan, Zeist.

CNOSSEN, J. en HEYINK, W., 1958. Verslag van een onderzoek naar de invloed van de keileemondergrond op en de correlatie van het vegetatieprofiel met de gemeten grondwaterstanden in twee gebieden van het dekzandkeileem-landschap in de Friese Wouden. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.

EDMOND, D.B., 1958. Animal treading and pastures. Agr. Rev. 4(2) : 8-15.

EZEKIEL, M., 1953. Methods of correlation analysis; 2nd ed., 8th printing. Wiley, New York.

FERRARI, Th. J., 1952. Een onderzoek over de stroomruggronden van de Bommelerwaard met als proefgewas de aardappel. Versl. Landbouwk. Onderz. 58.1.

FERRARI, Th. J., 1953. The accuracy of yields of grassland and oats evaluated by eye estimates. Neth. J. Agr. Sci. 1: 88-96.

FERRARI, Th. J., 1960. Vergelijking tussen proeven met en zonder ingreep. Landbouwk. Tijdschr. 72: 792-801.

FERRARI, Th. J., 1964. Auswertung biologischer Kettenprozesse mit Hilfe von Pfadkoeffizienten. Biom. Z. 6: 89-102.

FERRARI, Th J. and KUIPERS, H., 1956. Nitrogen supply and soil factors. Congr. Int. Sci. Sol, 6e, 1956, Rapp. D: 149-158.

FERRARI, Th. J. and SLUIJSMANS, C. M. J., 1955. Mottling and magnesium deficiency in oats and their dependence on various factors. Plant Soil 6: 262-299.

FERRARI, Th. J. en TARIS, G. J. J., 1962. Methode van de pad-coëfficiënten in het landbouw-ecologisch onderzoek. Landbouwk. Tijdschr. 74: 725-736.

FERRARI, Th. J., PIJL, H. and VENEKAMP, J. T. N., 1957a. Factor analysis in agricultural research. Neth. J. Agr. Sci. 5: 211-221.

FERRARI, Th. J., SCHANS, R. P. H. P. VAN DER en SONNEVELD, F., 1957b. Het verband tussen de opbrengst (haver en grasland) en de aan de hand van enkelvoudige profielkenmerken geschatte hoeveelheid beschikbaar vocht. Landbouwk. Tijdschr. 69: 771-778.

FRANKENA, H. J. en GOEDEWAAGEN, M. A. J., 1942. Een vakkenproef over den invloed van verschillende waterstanden op den grasgroei bij drie grondsoorten. Versl. Landbouwk. Onderz. 48. 6.

FRANKENA, H. J. en WIT, C. T. DE, 1958. Stikstofbemesting, stikstofopname en grasgroei in het voorjaar. Landbouwk. Tijdschr. 70: 465-472.

GEITH, R., 1937. Die Verbesserung der Normen zur Ermittlung des tierischen Nutzertrages einer Weide. Int. Grassl. Congr. 4th, Gt. Brit., 1937, Rep., pp. 434-440.

HAMMING, G., 1952. De wiskundige achtergrond van variansanalyse, correlatierekening en polyfactoranalyse. Stencil, z. pl.

HART, M. L. 'T en PAAUW, F. VAN DER, 1942. Kalibemesting op grasland. Landbouwvoorlichtingsdienst, Meded. 30.

HENKENS, Ch. H. en LUIT, B. VAN, 1963. Bepaling van de natriumtoestand van grasland met behulp van grondonderzoek. Versl. Landbouwk. Onderz. 69.13.

HOOGERKAMP, M., 1965. De invloed van het organische-stofgehalte van de grond op de produktiviteit van grasland. Landbouwvoorlichting 22: 201-206.

HOOGHOUDT, S. B., 1934. Bijdragen tot de kennis vaneenige natuurkundige grootheden van den grond. 2. Versl. Landbouwk. Onderz. 40.B: 215-345.

ITALLIE, Th. B. VAN, 1955. De fosforzuur- en kaligehalten van gras als aanwijzing voor de fosforzuur- en kaligesteldheid van grasland. Landbouwk. Tijdschr. 47:17.

JAGTENBERG, W. D., 1961. Opbrengst en fosfaattoestand van grasland. Landbouwvoorlichting 18: 322-327.

JAGTENBERG, W. D., 1962a. Het meten van de grasopbrengst en de grasgroei met een meetschijf. Landbouwvoorlichting 19: 576-583.

JAGTENBERG, W. D., 1962b. Vijftien jaar bruto-opbrengstbepaling op grasland. Verslagen van het CI 203-onderzoek (1943-1958). III. Het verband tussen de bruto-opbrengst van grasland en de belangrijkste bodemfactoren. Meded. Proefsta. Akker- Weidebouw 73.

JAGTENBERG, W. D., 1963. Vijftien jaar bruto-opbrengstbepaling op grasland. Verslagen van het CI 203-onderzoek (1943-1958). IV. De bruto-opbrengst van grasland in verband met weersgesteldheid, hoedanigheidsgraad en klavergehalte. Meded. Proefsta. Akker- Weidebouw 85.

JAGTENBERG, W. D. en BOER, Th. A. DE, 1958. De invloed van graskooien op de grasopbrengst. Landbouwk. Tijdschr. 70: 879-889.

JONKER, F. P., 1954. Veenvorming en vegetatiegeschiedenis tijdens het Holoceen in Zuidoost Friesland. Verh. Lânskip-Genet. Wurkforbân Fryske Akad.

KEMP, A., 1960. Hypomagnesaemia in milking cows: The response of serum magnesium to alterations in herbage composition resulting from potash and nitrogen dressings on pasture. Neth. J. Agr. Sci. 8: 281-304.

KEUNING, H.J., 1955. De Veenkoloniën. In: G.J.A. MULDER (redacteur), Handboek der Geografie van Nederland. Erven Tijl, Zwolle, 5: 140-181.

KLEČKA, A., 1937. Vliv sešlapávání na asociací travnatých porustů. Sb. Česk. Akad. Zeměd. 12:715-724. Abstr., Influence of treading on associations of grass growth, in: Herb. Abstr. 8(1938) no. 822.

Kleine-boerenvraagstuk op de zandgronden: ontwikkeling in de periode 1949-1958, 1960. Rapp. Landbouw-Econ. Inst. 347.

KOOLHAAS, J.F., 1958. De waterhuishouding van de landbouwgronden. In: De landbouwwaterhuishouding in de provincie Friesland. Rapp. Comm. Onderz. Landbouwwaterhuishouding Ned.-T.N.O. 3:7-118.

KOOPMANS, J., 1955. De bemesting van grasland in de praktijk, in verband met de bemestingstoestand en het gebruik. Versl. Centr. Inst. Landbouwk. Onderz. 1954: 157-163.

KOOPMANS, J., 1957. De kalibemesting van grasland in de praktijk. Landbouwvoorlichting 14: 50-62.

KOOPMANS, J., 1958. De fosfaatbemesting van grasland in de praktijk. Landbouwvoorlichting 15: 108-115.

KOOPMANS, J., 1960. Het produktie-niveauonderzoek. II. De bemesting van grasland in de praktijk. Versl. Landbouwk. Onderz. 66.5.

KOP, L.G., 1961. Vijftien jaar bruto-opbrengstbepaling op grasland. Verslagen van het CI 203-onderzoek (1943-1958). II. Opbrengst, vegetatiekarteringseenheden en standplaatsfactoren. Meded. Proefsta. Akker- Weidebouw 59.

KRAMER, C., 1954. Onderzoek naar de invloed van neerslag en verdamping op de dagelijkse fluctuaties van de grondwaterstand. Kon. Ned. Meteorol. Inst., Wetensch. Rapp. 54-002 (III-135).

KRAMER, C., 1957. Berekening van de gemiddelde grootte van de verdamping voor de verschillende delen van Nederland volgens de methode van Penman. Kon. Ned. Meteorol. Inst., Meded. Verh. 70.

KRUIJNE, A.A. en VRIES, D.M. DE, 1958. Een methode tot benadering van de voornaamste milieueigenschappen van grasland aan de hand van de botanische samenstelling. Inst. Biol. Scheik. Onderz. Landbouwgewassen, Wageningen Jaarb. 1958: 93-98.

KRUIJNE, A.A., VRIES, D.M. DE en FERRARI, Th.J., 1959. De veelvuldigheid van een aantal graslandplanten en het magnesiumgehalte van zandgrond. Inst. Biol. Scheik. Onderz. Landbouwgewassen, Wageningen, Jaarb. 1959: 169-173.

LAMMERS, H.W., 1963. Zodevertrapping op zandgrasland. Landbouwgids 1963: 64.

LOEFF, J.A. VAN DER, 1948. Hout- en wildwallen. Landbouwk. Tijdschr. 60: 249-256.

MAKKINK, G.F., 1955. De opbrengst van gras en de diepte van de grondwaterstand. Landbouwk. Tijdschr. 67: 713-731.

MELMAN, Th.P., 1955. Humus en het vochthoudend vermogen van de grond. Mededelingenbl. VAM 10(3): 1-3.

MINDERHOUD, J.W., 1960. Grasgroei en grondwaterstand. Onderzoekingen over de betekenis van de grondwaterstand voor komkleigrasland. Diss. Wageningen. Ook: Proefsta. Akker-Weidebouw, Publ. 15.

MINDERHOUD, J.W., KRIST, G. en WOLDRING, J.J., 1960. De grondwaterstand en zijn betekenis voor bruto-opbrengst, beworteling en botanische samenstelling van komkleigrasland. Meded. Proefsta. Akker- Weidebouw 43.

PAAUW, F. VAN DER, 1938. Over een samenhang tussen groeifactoren en opbrengst en de principes die dit verband bepalen. Landbouwk. Tijdschr. 50: 795-829.

PAAUW, F. VAN DER, 1943. Grondonderzoek naar fosfaat- en kalitoestand op grasland. Versl. Landbouwk. Onderz. 49: 915-1012.

PAAUW, F. VAN DER, 1948. Fosfaatbemesting in de landbouw. In: Landbouwvoorlichting 1. 's-Gravenhage.

PAAUW, F. VAN DER, 1958a. Bemesting van grasland op basis van grondonderzoek. In: Grasland en graslandprodukten; bemesting - conserving. Voordrachten vacantiecursus "Grasland", 1956. 's-Gravenhage, pp. 15-27.

PAAUW, F. VAN DER, 1958b. Bemesting met fosfaat op grasland met zeer lage en met zeer hoge fosfaattoestand. Landbouwvoorlichting 15: 92-96.

PAAUW, F. VAN DER, 1961. Invloed van afwisselend droge en natte tijdvakken op de kalitoestand van grasland. Landbouwvoorlichting 18: 782-786.

PAAUW, F. VAN DER en RIS, J., 1953. Toetsing van grondonderzoek naar kalitoestand op Nederlands grasland. Versl. Landbouwk Onderz. 59.2.

PAAUW, F. VAN DER, LANDE CREMER, L.C.N. DE LA en RIS, J., 1951. Toetsing van grondonderzoek naar fosfaattoestand op Nederlands grasland. Versl. Landbouwk. Onderz. 57.15.

PIETERS, J.H., 1961. Gevoeligheid van grasland voor vertrapping. Landbouwvoorlichting 18: 377-383.

PITSCH, O., 1913. Proefneming over den invloed van de hoogte van den grondwaterstand op de grootte van den oogst aan gras of hooi. Meded. Rijks Hoogere Land-, en Tuin- Boschbouwsch. 6: 1-39.

PONS, L.J., 1960. De relatieve geschiktheid van gronden voor grasland en voor bouwland. Landbouwk. Tijdschr. 72: 683-686.

Rationalisatie van proefveldwerkzaamheden, 1958. Nat. Raad Landbouwk. Onderz. T.N.O., Afd. Akker- en Weidebouw, z.pl.

ROO, H.C. DE, 1952. Over de oppervlakte-geologie van het Drentse Plateau. Boor Spade 5: 102-118.

SCHOTHORST, C.J., 1963a. De draagkracht van graslandgronden. Tijdschr. Kon. Ned. Heidemaatschappij 74: 104-111, 171.

SCHOTHORST, C.J., 1963b. Beweidingsverliezen op diverse graslandgronden. Landbouwk. Tijdschr. 75: 869-878.

SCHOTHORST, C.J., 1964. De draagkracht van veengrasland. Buffer 10: 35-44.

SIEBEN, W.H. en SMITS, H., 1951. De invloed van het weer in 1949 en 1950 op de opbrengsten van grasland. Landbouwvoorlichting 8: 71-79.

SLUIS, P.A. VAN DER, 1963. Cultuurtechnische ontwikkelingen in de Friese Wouden na 1918. Laverman, Drachten.

SLUIJSMANS, C.M.J., 1962. Magnesium- en kaligehalten van gras in afhankelijkheid van bodem- en andere factoren. Tijdschr. Diergeneesk. 87: 547-556.

SLUIJSMANS, C.M.J., 1963. Bemesting van grasland met magnesium op basis van grondonderzoek. Landbouwvoorlichting 20: 198-205.

SOIL SURVEY STAFF, 1951. Soil Survey Manual. U.S. Dep. Agr., Agr. Handb. 18.

SPAHR VAN DER HOEK, J.J., 1960. De heidedorpen in de Noordelijke Wouden. Historisch-sociologische studie. Laverman, Drachten.

SPAHR VAN DER HOEK, J.J. en POSTMA, O., 1952. Geschiedenis van de Friese landbouw. Friese Maatschappij van Landbouw, Leeuwarden.

THOMAS, A.S., 1960. The tramping animal. J. Brit. Grassland Soc. 15: 89-93.

VEENENBOS, J.S., 1949. Bodemkartering in de Friese Wouden. Boor Spade 3: 86-93.

VEENENBOS, J.S., 1951. Verdroging en hydrologische gesteldheid in de Friese Wouden. Boor Spade 4: 123-126.

VEENENBOS, J.S., 1952a. Landschapsvorming en cultuurvormen in Pleistoceen Noord-Nederland in verband met de waterhuishouding. Boor Spade 5: 149-155.

VEENENBOS, J.S., 1952b. Grondwaterbeheersing in de Friese Wouden. Boor Spade 5: 156-159.

VEENENBOS, J.S., 1954. Het landschap van zuidoostelijk Friesland en zijn ontstaan. Boor Spade 7: 111-136.

VELDE, H. A. TE, 1961. Grasopbrengsten op enkele grondsoorten in samenhang met het weer. Landbouwk. Tijdschr. 73: 889-896.

VERMEULEN, F. H. B., 1954. Invloed van de afstand tot de boerderij op de vruchtbaarheid van graslandpercelen. Landbouwvoorlichting 11: 424-426.

VERMEULEN, F. H. B. en FEY, P. J., 1957. De fosfaattoestand van bouwland en grasland in Nederland. Versl. Landbouwk. Onderz. 63.7.

Verslag van de resultaten van het technisch-landbouwkundig onderzoek. Rijkslandbouwconsulentschap Zuidoost Friesland, 1962/'63. 1963. Rijkslandbouwconsulentschap Drachten.

VISSER, W. C., 1942. Over de bruikbaarheid van de grafisch-statistische bewerkingstechniek. Landbouwk. Tijdschr. 54: 403-416.

VISSER, W. C., 1943. Over enige grondslagen van het grafisch-statistische onderzoek. Landbouwk Tijdschr. 55: 163-170.

VOGELZANG, H., 1958. De minerale samenstelling van gras, I. Rijkslandbouwconsulentschap Zuidoost Friesland, Gestenc. Meded. No. 4.

VRIES, D. M. DE en KOOPMANS, J., 1948. De botanische samenstelling van Nederlandse graslanden. Versl. Landbouwk. Onderz. 54.8.

VRIES, D. M. DE en KOOPMANS, J., 1949. Het verband tussen de hoedanigheidsgraad van grasland en standplaatsfactoren. Landbouwk. Tijdschr. 61: 21-37.

VRIES, P. DE and WIT, C. T. DE, 1958. The effect of potash fertilization on dry matter production of permanent pasture throughout the season. Neth. J. Agr. Sci. 6: 124-130.

VRUGT, J., 1963. It Alddjip. Streekverbeteringscomm. "Het Koningsdiep", Drachten.

WIELEN, H. G. W. VAN DER, 1930. Een Friesche landbouw-veenkolonie (Bevolkingsstudies van de gemeente Opsterland). Diss. Amsterdam.

WIEGERSMA, M. en KOOIKER, A., 1955. Friesland. In: G. J. A. MULDER (redacteur), Handboek der geografie van Nederland. Erven Tijl, Zwolle, 5: 1-84.

WIND, G.P. en SCHOTHORST, C.J., 1963. Over de invloed van de bodemgesteldheid op de bewerkingsmogelijkheid en van de beweiding op de bodemgesteldheid. Inst. Cultuurtech. Waterhuishouding, Nota 227.

WOERDT, D. VAN DER, 1953. Nadelen van het overschrijden van de optimale watervoorziening bij blijvend grasland. Landbouwvoorlichting 10: 137-142.

WOUDA, D.F., 1951. Over de afwatering van Friesland en haar geschiedenis. Brandenburgh, Sneek.