

# RISTERVORM EN PLOEGSNELHEID

IR. G. J. POESSE

(Instituut voor Landbouwtechniek en Rationalisatie)

EN

IR. C. VAN OUWERKERK

(Instituut voor Bodemvruchtbaarheid)

*Mouldboard shape and ploughing speed  
With a summary and conclusions in English*

*PUBLIKATIE No. 103 - JANUARI 1967*

---

UITGAVE VAN HET INSTITUUT VOOR LANDBOUWTECHNIEK  
EN RATIONALISATIE - WAGENINGEN

# INHOUD

blz.

## VOORWOORD

1. INLEIDING . . . . .	6
2. MEDEWERKERS . . . . .	7
3. SAMENVATTING . . . . .	8
4. RISTER EN TREKKRACHT — IR. G. J. POESSE . . . . .	10
4.1. De ristervorm . . . . .	10
4.1.1. Inleiding . . . . .	10
4.1.2. Het karakteriseren van de ristervorm . . . . .	10
4.1.3. Afmeting en vorm van de onderzochte risters . . . . .	14
4.1.4. Ristervorm, grondsoort en snelheid . . . . .	18
4.2. De trekkracht . . . . .	19
4.2.1. De meetapparatuur . . . . .	19
4.2.2. De metingen . . . . .	21
4.2.3. Trekkracht en grond . . . . .	25
4.2.4. Trekkracht en ristervorm . . . . .	26
5. RISTER EN GRONDLEGGING — IR. C. VAN OUWERKERK . . . . .	38
5.1. Aard en toestand van de grond op de proefvelden . . . . .	38
5.1.1. Grondonderzoek . . . . .	38
5.1.2. De grond : water : lucht-verhouding . . . . .	38
5.2. De ruwheid . . . . .	39
5.2.1. Inleiding . . . . .	39
5.2.2. De invloed van de ploegsnelheid . . . . .	43
5.2.3. De invloed van het ristertype . . . . .	49
5.3. De ophoging . . . . .	51
5.3.1. Inleiding . . . . .	51
5.3.2. De invloed van de ploegsnelheid . . . . .	56
5.3.3. De invloed van het ristertype . . . . .	57
5.4. De fractieverdeling van de aggregaten . . . . .	57
6. CONCLUSIES . . . . .	59
7. CONCLUSIONS . . . . .	60
8. SUMMARY . . . . .	61
9. LITERATUUR . . . . .	62
10. BIJLAGEN . . . . .	63

## VOORWOORD

De voornaamste basis van de landbouwproduktie is de gezond groeiende en veel opbrengende plant. Daartoe moet het gewas over een goede voedingsbodem kunnen beschikken. De grondbewerking is daarom één van de belangrijkste punten, waaraan de boer de nodige zorg dient te besteden. Een fout, gemaakt bij het ploegen bijvoorbeeld, wreekt zich vaak het gehele seizoen en soms ook nog daarna.

De ontwikkelingen in de mechanisatie herbergen het gevaar van „ruwer” werken in zich. Hogere uur- of dagprestaties worden meestal bereikt door grotere werkbreedten en/of hogere rijsnelheden. Bij het ploegen zien we de combinatie van beide.

Voorbeelden, o.a. uit meer extensieve landbouwstreken, hebben laten zien, dat men een grond zeer wel ten dele kan bederven door te snel te ploegen. Anderzijds tracht de ploegenfabrikant via de ristervorm bij hogere snelheden toch een goede grondlegging te behouden.

Het onderzoek dat in een samenspel tussen het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid en het Instituut voor Landbouwtechniek en Rationalisatie in de afgelopen jaren naar de relatie ploegsnelheid-grondlegging-ristervorm is gedaan, wordt in deze publikatie ver-  
slagen.

De medewerkers van beide Instituten vertrouwen hiermede een nuttige bijdrage te hebben geleverd, zowel aan de kennis van de technische ontwikkeling als aan het doelbewuste streven naar behoud en verbetering van de grond waarop en waarvan we leven.

*Instituut voor Landbouwtechniek  
en Rationalisatie,  
De Directeur  
IR. F. COOLMAN*

*Wageningen, januari 1967*

## 1. INLEIDING

De ploeg, een van de oudste landbouwwerktuigen, heeft, ondanks de vele uiterlijke veranderingen die in de loop der eeuwen zijn aangebracht, in principe nog steeds dezelfde grondvorm en wordt ook nog steeds voor hetzelfde werk gebruikt, nl. het losmaken, het keren en het verkrumelen van de grond. Ondanks de concurrentie van vele nieuwe werktuigen, zoals frezen, spitmachines en freesploegen, is aan de hegemonie van de ploeg nog niet getornd en is een akkerbouwbedrijf in Nederland zonder een of meer ploegen nauwelijks denkbaar. Gezien deze feiten zou men verwachten, dat over de werking van de ploeg en met name de kennis betreffende de invloed van ristervorm en grondsoort op de benodigde trekkracht en de grondlegging, veel bekend is. Het tegendeel is echter waar. Wel zijn in het verleden theoretische beschouwingen over de beweging van de grond over het rister opgesteld en zijn incidenteel trekkrachtbepalingen en waarnemingen betreffende de grondlegging verricht, maar voor het ontwikkelen van ploegristers is deze kennis nog veel te gering, zodat dit tot nu toe nog nagenoeg uitsluitend empirisch geschiedt.

Uiteraard is deze gang van zaken weinig bevredigend. Dit heeft tot gevolg gehad, dat het onderzoek in verschillende landen zich met dit vraagstuk is gaan bezighouden. De grote vooruitgang van de meet- en rekentechniek gedurende de laatste jaren is hierbij een grote steun geweest, mede in verband met het grote aantal factoren, dat een rol speelt. De trekkracht wordt niet alleen bepaald door de vorm van het rister, maar ook door aard en toestand van de grond, alsmede de rijsnelheid. Dat een zware kleigrond een hogere trekkracht vraagt dan een lichte, spreekt voor zichzelf. Hoe groot echter, op één bepaalde grondsoort, de invloed van bijv. het poriënvolume en het vochtgehalte is en welke andere factoren dan nog een rol spelen, is nog steeds een vraag, evenals de invloed van het rister, de grond en de rijsnelheid op de grondlegging.

Ook deze publikatie geeft hierop nog geen antwoord. Het doel van dit onderzoek was, in aansluiting op onderzoeken in andere landen (o.a. Duitsland), de mogelijkheden van enkele in Nederland gebruikte ristertypen op verschillende grondsoorten te onderzoeken. De resultaten van dit onderzoek kunnen uitgangspunt zijn voor verdere studies, alsmede voor de ontwikkeling van nieuwe rister vormen. Dat dit onderzoek geslaagd mag worden genoemd, wordt bewezen door enkele nieuwe rister vormen die, mede naar aanleiding van de tussentijdse rapporteringen, als proefmodel zijn verschenen.

Voor de keuze van de onderzochte risters is de vorm bepalend geweest. Aangezien ook de ploegsnelheid een onderzoeksobject was, hebben de lichtere gronden een grotere aandacht gehad dan de zwaardere.

Tenslotte zij vermeld, dat dit onderzoek is uitgevoerd door het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Groningen en het Instituut voor Landbouwtechniek en Rationalisatie te Wageningen en dat metingen en bepalingen werden verricht met betrekking tot de aard en de toestand van de grond, de rister vorm, de trekkracht en de grondlegging.

## 2. MEDEWERKERS

Aan dit onderzoek hebben de volgende personen en instanties hun medewerking verleend:

Algemene leiding:

Ir. G. J. Poesse (I.L.R.) en ir. C. van Ouwerkerk (I.B.).

Het verzamelen en verwerken van de waarnemingen:

J. J. Klooster, J. van Maanen (I.L.R.) en P. Schakel, M. Pot (I.B.).

De wiskundige en mechanische verwerking van het cijfermateriaal:

Ir. H. J. Burema, ir. E. van Elderen, S. P. J. H. van Hoven (I.L.R.) en de Afdeling Bewerking Waarnemingsuitkomsten T.N.O. (Wageningen).

Het beschikbaar stellen van de proefvelden:

Proefbedrijf „Oostwaardhoeve”; Rijkslandbouwconsulentschap Dordrecht; Proefboerderij „Westmaas”; Provinciaal Onderzoek Centrum voor de Landbouw in Drenthe; J. Zikken, Odoorn; Rijkslandbouwconsulentschap Roermond; Proefboerderij „Huize Wijnandsrade”; J. van Maanen, Randwijk; J. Meyer, Kloosterburen.

Het beschikbaar stellen van de risters:

Fa. Iz. Cappon, Heinkensand; Charrues Mélotte S. A., Vught; Smederij H. Plat, 2e Exloërmond; Landré en Glinderman N.V., Amsterdam; Landbouwmechanisatiebedrijf Van Rumpst N.V., Stad aan 't Haringvliet; „Goudland” Ploegenfabriek, Echt.

### 3. SAMENVATTING

Gedurende een aantal jaren zijn, met een wisselend aantal risters op diverse grondsoorten, onderzoeken gedaan met het doel de invloed van de risterform, de grondsoort en de ploegsnelheid op de trekkracht en de grondlegging nader te bestuderen. De diverse percelen zijn voor het ploegen op hun aard en toestand onderzocht, waarvan de gegevens zijn vermeld in de bijlagen 2 en 3. De proefvelden waren doorgaans homogeen en werden onder betrekkelijk natte omstandigheden geploegd (tabel 4).

Met behulp van een pantograaf zijn de onderzochte risters in drie projecties getekend, waarna hun afmetingen en een aantal hoeken zijn vastgelegd (afb. 1, 2, 15 t/m 24). Een onderlinge vergelijking van de risters is aan de hand van tabel 1 en 2 en afb. 4 t/m 7 mogelijk. Uit deze gegevens, alsmede een theoretische achtergrond, kan worden vastgesteld, dat geen der onderzochte risters geschikt is voor ploegsnelheden hoger dan ca. 6 km/h op lichtere gronden. Alleen het P- en het TWZ-rister zullen bij deze snelheid nog aanvaardbaar werk leveren. Op de zware gronden zijn bij alle risters de afmetingen de beperkende factor, waardoor ploegdiepten  $> 20$  cm in het algemeen niet tot de mogelijkheden behoren. De SCN9K, alsmede de P door middel van een verstelbare ristersteun, zullen ook onder zeer moeilijke omstandigheden tot deze diepte goed werk leveren. Onder meer normale omstandigheden en bij aangepaste snelheden zal ook met de andere risters aanvaardbaar ploegwerk kunnen worden verkregen.

Met speciaal voor dit onderzoek gebouwde meetapparatuur (afb. 8 t/m 11) zijn op de diverse proefvelden trekkrachtgegevens verzameld, die vervolgens zijn verwerkt volgens de formule  $Z = Z_0 + \epsilon v^2$ . Het statische, van de snelheid onafhankelijke deel  $Z_0$ , is vermeld in bijlage 5, de waarde van  $\epsilon$ , de factor die de trekkrachttoename bij hogere snelheden tot uitdrukking brengt, in bijlage 6 en de waarde van  $Z$  gemiddeld per proefveld ( $\bar{Z}$ ) in bijlage 7. In afb. 12, 13 en 14 is het verband tussen de berekende specifieke grondweerstand en de snelheid aangegeven. De op het 5% niveau betrouwbare verschillen van  $\epsilon$  en  $\bar{Z}$  op de verschillende proefvelden zijn vermeld in tabel 3.

Een variantie-analyse, uitgevoerd voor de proefvelden Odoorn, Wijnandsrade en Kloosterburen, geeft binnen deze groep geen betrouwbare verschillen voor de factor  $\epsilon$ . Wat de risters betreft, is over het algemeen de waarde van  $\epsilon$  voor de SCN9K het laagst en voor de 111, de 111 1964 en de BW7G het hoogst, terwijl ook  $\bar{Z}$  voor de SCN9K overwegend lager is dan voor de 111 en 111 1964. Een juist inzicht in het verband tussen de  $\epsilon$ , de  $\bar{Z}$  en de risterform is echter uit dit materiaal moeilijk te verkrijgen.

Het verband tussen risterform, snelheid en grondlegging wordt, voor de ruwheid, weergegeven in afb. 29, 30 en 31. De ruwheid, de onregelmatigheid van het oppervlak, neemt gedurende de winter onder invloed van de weersinvloeden af (afb. 26 en 27). De ruwheidsverschillen direct na het ploegen, alsmede de grootte van deze afneming, zijn karakteristiek voor het geleverde werk. Hierbij kan bij hogere ploegsnelheden op lichte gronden sprake zijn van een sorterend effect (afb. 32), weinig grove kluiten op het oppervlak; op zware gronden van een schijnruwheid, onvolkomen kering (afb. 33) en sorterend effect. Wanneer fijn materiaal over stabiele grovere kluiten wordt gespoten, kan schijnvlakheid optreden (afb. 34). Zowel op lichte als op zware gronden neemt de ruwheid af met toenemende snelheid; op de eerstgenoemde echter sterker. Gewonden schietende risters geven ook bij hogere snelheden nog aanvaardbare ruwheden.

De ophoging, het verschil in hoogteligging voor en na het ploegen, is weergegeven in afb. 36 en 37. Hoewel geen voorkeur voor een bepaald risterstype kan worden uitgesproken, geeft een grotere ophoging in de herfst ook een grotere in het voorjaar (afb.

38 en 39). Aangezien er een positief verband bestaat tussen ophoging en luchtgehalte, kan het streven naar een grote ophoging gunstig zijn op die gronden, waar het luchtgehalte vaak in het minimum is.

De fractieverdeling van de aggregaten na het ploegen geeft een zeer duidelijk beeld van de invloed van de ploegsnelheid op de bouwvoor (bijlage 8). Helaas zijn deze waarnemingen voor veldwerk praktisch nooit uitvoerbaar. De stabiliteit van de kluiten, direct na het ploegen, is dusdanig gering, dat zeven en wegen meestal niet tot de mogelijkheden behoren.

## 4. RISTER EN TREKKRACHT

### 4.1. DE RISTERVORM

#### 4.1.1. Inleiding

De schaar en het rister vormen samen het ploeglichaam dat, naar het grootste onderdeel, in deze publikatie verder met de naam rister zal worden aangeduid. Het rister heeft tot doel de groundbalk, die door het kouter verticaal van de nog ongeploegde grond is gescheiden, horizontaal los te snijden, op te heffen, zijwaarts te verplaatsen en te keren. Tijdens deze bewegingen en de daarmee gepaard gaande vormveranderingen ontstaan scheuren, waarvan het aantal afhankelijk is van de vorm van het rister, de ploegsnelheid en de aard en de toestand van de grond. Het aantal en de grootte van deze scheuren zijn bepalend voor de verkruiemeling.

De vele rister vormen, die momenteel voorkomen, zijn ontstaan uit een cilindrisch en een schroefvormig type. Op de lichte, droge, niet samenhangende gronden is het dwarse, steile cilindrische rister tot ontwikkeling gekomen, terwijl de lange schroefvormige risters omstreeks 1700 in Engeland in gebruik kwamen in een vruchtwisselingsstelsel met grasland.

De verdere uitbreiding van het areaal akkerbouw, de steeds hogere eisen die, mede door de uitbreiding van de gewassen, aan het zaaibed werden gesteld, alsmede de overgang van trekdier naar trekker en de daarmee gepaard gaande hogere snelheden, hebben de ontwikkeling van vele nieuwe rister vormen tot gevolg gehad, die steeds verder van de zuivere cilindrische en schroefvormige risters gingen afwijken.

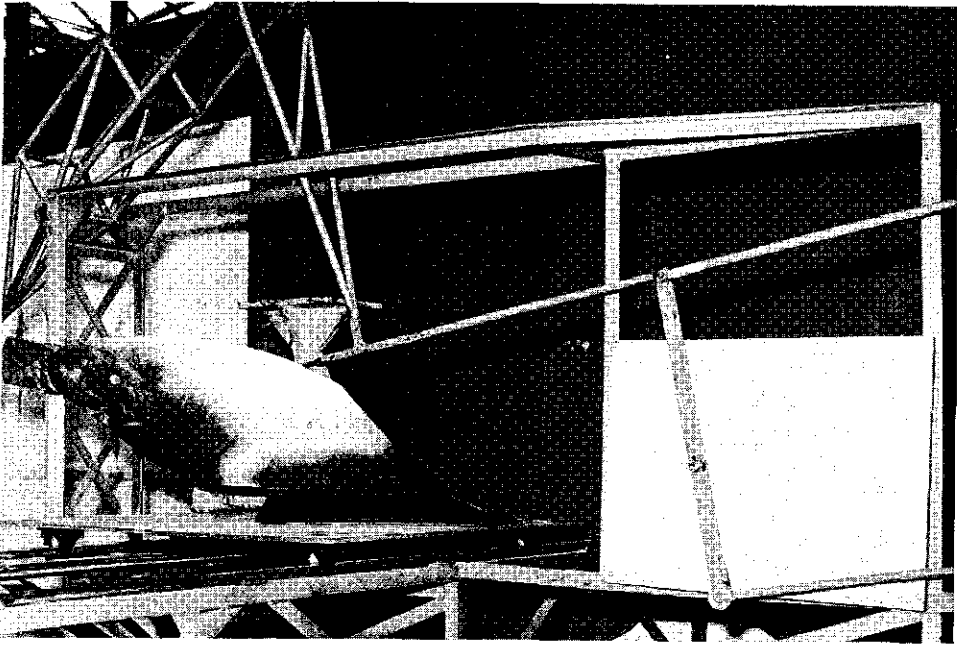
#### 4.1.2. Het karakteriseren van de rister vorm

De vorm van een rister kan worden vastgelegd door het met behulp van een pantoograaf (afb. 1) in zijn drie projecties te tekenen. Nadat een rister op dit tekenapparaat in zijn voor de betreffende projectie juiste stand is geplaatst, wordt met behulp van de tastnaald het oppervlak om de 5 cm afgetast en door een tekenstift op papier overgebracht (schaal 1:2,5). Wanneer alle zogenaamde beschrijvende lijnen van één projectie op het papier staan, wordt door de eindpunten van deze lijnen de omtrek van het rister getekend. De beschrijvende lijnen in het horizontale vlak (bovenaanzicht) worden aangeduid met de cijfers 1, 2, 3, enz. en in het verticale vlak met resp. de kleine letters a, b, c, enz. (zijaanzicht) en de hoofdletters A, B, C, enz. (vooraanzicht) (afb. 2).

De vorm van het rister kan nu worden gekarakteriseerd door de hoeken tussen de horizontale en verticale beschrijvende lijnen in de drie projecties te meten. Deze worden aangeduid als de verticale snij-, resp. oploophoeken  $\delta$  (zijaanzicht), de horizontale snij-, resp. afwerphoeken  $\varphi$  (bovenaanzicht) en de keringshoeken  $\delta^1$  (vooraanzicht). De codering correspondeert met de lijnen, waartussen de betreffende hoek is gemeten. Bij de afmetingen moet worden opgemerkt, dat de strijkplaat hierbij buiten beschouwing is gebleven. De landzijde van een rister is de zijde van het ongeploegde land; aan de vóórzijde (de kant van de open voor) verlaat de grond het rister.

Theoretisch is het mogelijk de beweging, die de groundbalk over het rister maakt, te analyseren en in verband te brengen met de genoemde hoeken. Deze splitsing verruimt het inzicht in de werking van het rister, hoewel moet worden opgemerkt, dat in





Afb. 1 De pantograaf.

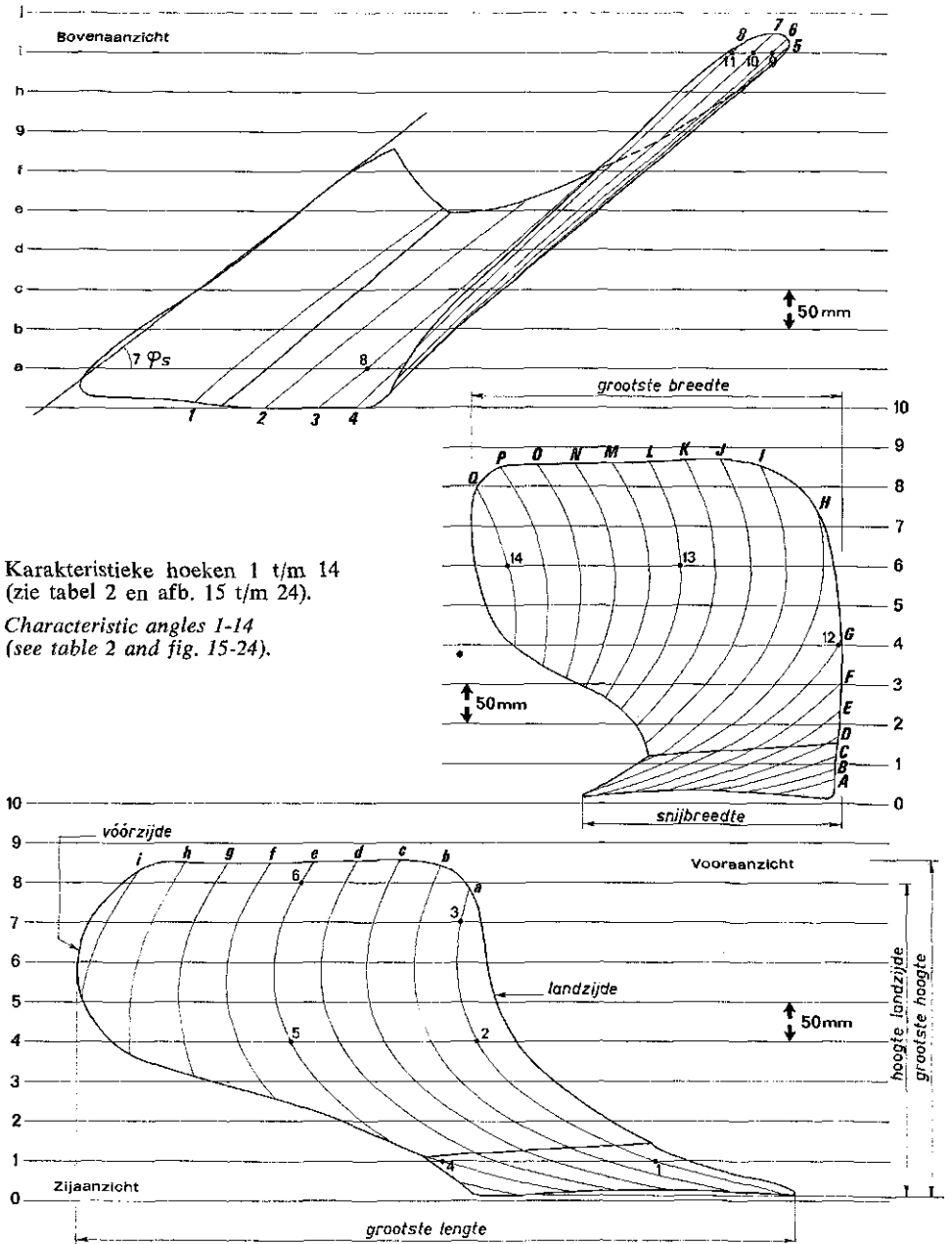
Fig. 1 Pantograph.

werkelijkheid meerdere hoeken voor één beweging bepalend zullen zijn. De verticale snij-, resp. oploophoeken in het deel van het rister dat boven de schaar ligt, bepalen de mate waarin de grondbalk wordt opgeheven. Tijdens deze opheffing vindt de eerste vervorming plaats en daardoor het ontstaan van de eerste breukvlakken, alsmede het begin van de kering.

Het zijwaarts verplaatsen van de grondbalk wordt bepaald door de horizontale snij-, resp. afwerphoeken  $\varphi$ . Uiteraard is er verband tussen de grootte van  $\varphi$  en de lengte van het rister. Aangezien de breedte van een rister ongeveer gelijk moet zijn aan de som van de ploegbreedte en de ploegdiepte, moet een rister langer zijn naarmate de hoek  $\varphi$  kleiner is. Een grote hoek  $\varphi$  verplaatst de grond sneller zijwaarts en zal op lichtere gronden eerder een spuiteffect geven.

De kering tenslotte is afhankelijk van de hoek  $\delta^1$ . Hoe groter de toeneming van  $\delta^1$  van de landzijde naar de vóórzijde is, hoe verder de grondbalk wordt gekeerd. Tijdens de zijwaartse verplaatsing en de kering ontstaan nieuwe breukvlakken, die gezamenlijk met de eerste het breukpatroon aan de grondbalk geven. Afhankelijk van de aard en toestand van de grond bepaalt dit breukpatroon in hoeverre de grondbalk wordt verkruid (afb. 3).

Worden deze functies nu ingepast in de beide eerder genoemde grondvormen, dan



Karakteristieke hoeken 1 t/m 14  
(zie tabel 2 en afb. 15 t/m 24).

Characteristic angles 1-14  
(see table 2 and fig. 15-24).

Afb. 2 De drie projecties van een rister en de diverse gemeten hoeken.  
Fig. 2 The three projections of a mouldboard and the characteristic angles.



Afb. 3 Het breukpatroon van lössgrond.

Fig. 3 Cleavage pattern of löss soil.

ontstaat hieruit het volgende beeld. De horizontaal beschrijvende lijnen van het cilindrische rister zijn nagenoeg recht en evenwijdig, de hoek  $\delta$  neemt naar de bovenkant van het rister sterk toe. Daardoor ontstaan zeer veel breukvlakken, terwijl de kering gering is. De toepasbaarheid van dit rister is dan ook beperkt tot de lichte, niet samenhangende gronden, waarop alleen bij zeer lage snelheden een aanvaardbaar resultaat kan worden bereikt.

Bij het schroefvormige rister zijn de horizontaal beschrijvende lijnen sterk convex gebogen. De toeneming van de hoek  $\delta$  op dat deel van het rister, dat boven de schaar ligt, is gering; de toeneming van  $\delta$ , van de landzijde naar de vóórzijde, groot. De hoek  $\varphi$  is kleiner dan bij de cilindrische vorm, waardoor de risters ook veel langer zijn. De groundbalk wordt op deze risters gelijkmatig vervormd en goed gekeerd. Hierdoor ontstaan veel minder breukvlakken en een geringere verkrumming. Op de lichte gronden is de hoogte van dit rister aan de landzijde te gering voor hogere ploegsnelheden. De kleine hoek  $\varphi$ , aan de vóórzijde, kan op zware grond de kering ongunstig beïnvloeden, wanneer de ploegdiepte te groot wordt. Om dit te voorkomen zouden voor ploegdiepten van 20-25 cm zeer lange risters noodzakelijk zijn.

Mede om deze reden zijn de in Nederland gebruikte rister typen aan de landzijde overwegend cilindrisch en aan de vóórzijde schroefvormig. Deze gewonden vorm voldoet

bij geringere afmetingen beter aan de eisen die door de Nederlandse landbouw worden gesteld.

#### 4.1.3. Afmeting en vorm van de onderzochte risters

Van een aantal risters zijn de afmeting en de vorm vastgelegd. De keuze van deze risters is bepaald door de vorm, zodat het merk van ondergeschikt belang is. Daarom worden in het vervolg de type-aanduidingen gebruikt, die in tabel 1 naast het merk zijn opgenomen. Bij de afmetingen is de strijkplaat niet inbegrepen. Het rister 111 is in twee standen, te weten de normale en een steilere, opgemeten. Deze laatste is vermeld onder de aanduiding 111 1964.

De snijbreedte van de schaar is bepalend voor de breedte, waarmee met het rister kan worden geploegd. Op lichte, niet samenhangende gronden, moeten de snij- en ploegbreedte nagenoeg overeenkomen, daar anders een deel van de ploegbalk niet wordt losgesneden. Op meer samenhangende gronden daarentegen mag de ploegbreedte de snijbreedte overtreffen. Het niet losgesneden deel wordt op deze gronden, tijdens het opheffen van de grondbalk, losgebroken. Hier is zelfs een gunstig effect van een kleinere snijbreedte op de kering te verwachten, daar de grondbalk door het rister niet opzij kan worden geschoven.

De som van de ploegbreedte en de ploegdiepte mag voor de zware kleigronden niet veel groter zijn dan de grootste breedte van het rister, omdat anders de ploegbalk niet

Tabel 1 Risterafmetingen.

Table 1 Dimensions of mouldboards.

Merk <i>mark</i>	Type <i>type</i>	Schaar	Rister en schaar				Rister
		snij- breedte <i>width of cut</i> cm	grootste lengte <i>max. length</i> cm	grootste breedte <i>max. width</i> cm	grootste hoogte <i>max. height</i> cm	hoogte landzijde <i>landside height</i> cm	diagonaal lengte <i>diagonal length</i> cm
Cappon	TWZ . . . . .	41	104	48	45	35	99
Mélotte	P . . . . .	36	101	49	43	31	97
Platex	BW7G . . . . .	30	82	49	37	36	88
Ransomes	DMC <sup>3</sup> / <sub>6</sub> . . . . .	32	79	39	34	28	70
Ransomes	DM 25K . . . . .	32	89	48	41	33	84
Ransomes	SCN9K . . . . .	32	100	56	41	30	98
Ransomes	FRDCP . . . . .	20	94	45	33	29	85
v. Rumpt	111 . . . . .	33	92	47	43	40	90
v. Rumpt	111 1964 . . . . .	33	90	47	43	42	90
v. Rumpt	O111O . . . . .	33	99	53	46	39	100

voldoende wordt gekeerd. De strijkplaat, die aan praktisch alle risters is gemonteerd, vergroot weliswaar de breedte van het rister, maar indien de kering volledig door deze strijkplaat moet geschieden, wordt de druk op de vóorzijde groot. Een onregelmatige gang van de ploeg is hiervan het gevolg. De grootste breedte en lengte geven samen een indruk van de stand. Bij eenzelfde breedte zal een langer rister minder dwars op de voortbewegingsrichting staan. Aangezien er voor elk grondsoort een optimale verhouding bestaat tussen de ploegbreedte en de ploegdiepte, wordt in principe door de grootste breedte van het rister de maximale ploegdiepte bepaald. De grootste hoogte en vooral de hoogte aan de landzijde geven een indruk van de snelheid waarmee kan worden geploegd. Bij een laag rister zal de grond er eerder overheen gaan, dan bij een hoog rister. De risterdiagonaal geeft tenslotte de lengte van de risterplaat.

De drie projecties, alsmede een aantal hoeken van de diverse risters, zijn weergegeven in afb. 15 t/m 24 (blz. 28 e.v.), terwijl in tabel 2 een aantal karakteristieke hoeken apart is vermeld.

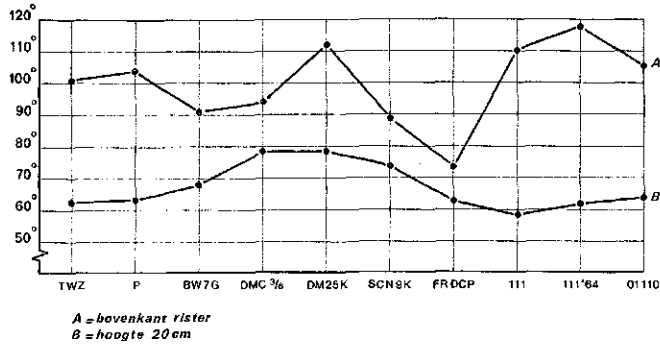
Tabel 2 Karakteristieke hoeken (zie afb. 2).

Table 2 Characteristic angles (see fig. 2).

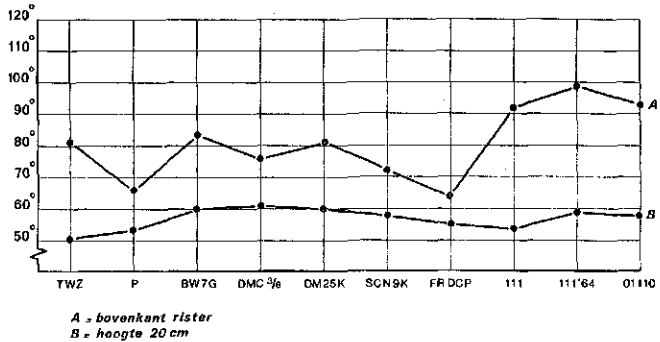
Type <i>type</i>	Zijaanzicht						Bovenaanzicht					Vooraanzicht		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
TWZ	18	51	81	20	63	101	43	43	32	37	40	50	76	109
P	21	54	66	22	63	104	40	42	32	36	38	52	78	116
BW7G	29	60	83	29	68	91	38	38	42	44	44	57	79	111
DMC 3/4	18	61	76	18	79	94	39	37	38	42	45	62	78	108
DM 25K	17	60	81	16	79	112	39	38	42	43	44	64	90	114
SCN9K	21	58	72	20	74	89	46	36	40	44	45	65	80	118
FRDCP	24	55	64	15	63	74	37	42	30	32	36	56	71	119
111	16	54	92	15	59	110	39	41	40	44	45	53	88	98
111 1964	17	59	99	15	62	117	38	39	42	44	44	53	92	102
O111O	17	58	93	16	64	105	38	38	35	39	44	60	91	117

Er bestaat een verband tussen de stand van de schaar en de grondsoort. Op harde gronden moet de schaar steil staan, op zachte betrekkelijk vlak. De tot nu toe gebruikte scharen werden door de smid, die met de plaatselijke omstandigheden het beste op de hoogte was, tijdens het uitsmeden in de juiste stand gesteld. Nu te verwachten is, dat de zgn. „eenmalige scharen” (scharen, die alleen maar worden geslepen en niet meer worden uitgesmeed), steeds meer in gebruik komen, wordt de stand van de schaar bij montage steeds belangrijker voor rister typen, die op diverse grondsoorten worden gebruikt.

De stand van de risters aan de landzijde is vermeld in afb. 4. Steil oplopende risters keren reeds direct in het begin; op vlakke risters moet de kering vooral op de vóórzijde



(a)

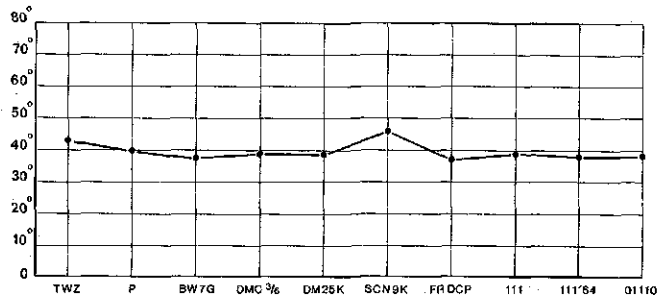


(b)

Afb. 4 De grootte van de hoek  $\delta$  aan de landzijde (b) en in een vlak door de hiel van de schaar (a).

Fig. 4 Values of  $\delta$  at the landside (b) and in a plane through the wing of the share (a).

plaatsvinden. De horizontale snijhoek van de schaar (afb. 5) is vooral op harde gronden van invloed op het geleverde werk. Een kleine snijhoek werkt op deze gronden, vooral bij wat hogere snelheden, als een wig. Het gevaar is dan ook niet denkbeeldig, dat de

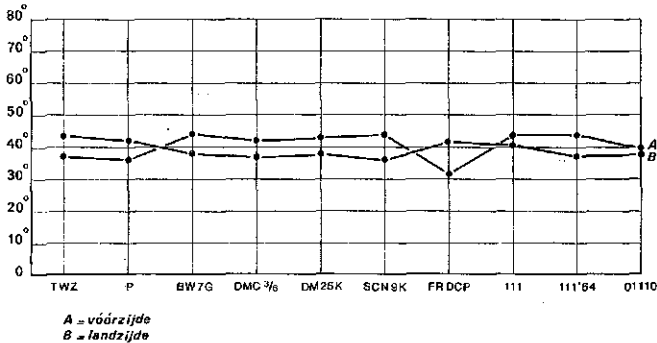


Afb. 5 De horizontale snijhoek  $\varphi_s$  van de schaar.

Fig. 5 The horizontal share cutting angle  $\varphi_s$ .

grondbalk niet voldoende ver het raster oploopt, maar opzij wordt geschoven en onvoldoende wordt gekeerd. Onder deze omstandigheden zal de snijhoek tenminste  $40^\circ$  moeten bedragen.

Het verschil tussen de hoek  $\varphi$  op halve hoogte van de risters aan de landzijde en de vóorzijde (afb. 6), bepaalt de geschiktheid voor zware en lichte gronden. Op zware

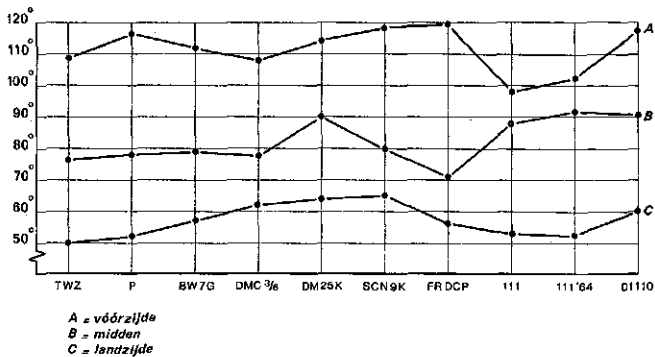


Afb. 6 De hoek  $\varphi$  op halve hoogte van de risters.

Fig. 6 The horizontal angle  $\varphi$  halfway the maximum height of the mouldboards.

gronden, vooral onder wat ongunstige omstandigheden, moet deze hoek aan de landzijde kleiner zijn dan aan de vóorzijde, daar anders het contact tussen de grondbalk en het risteroppervlak niet tot het eind toe gehandhaafd blijft. Een onregelmatige grondlegging is hiervan het gevolg. Op lichtere gronden, die gemakkelijk verkruimelen, moet dit verschil juist omgekeerd zijn, daar anders bij hogere ploegsnelheden de grond te veel zijwaarts wordt weggespoten.

De grootte van de hoek  $\delta^1$  (afb. 7) tenslotte is bepalend voor de kerende werking van



Afb. 7 De grootte van de hoek  $\delta^1$ .

Fig. 7 The values of  $\delta^1$ .

het raster. Tevens geven de verschillen tussen de hoek  $\delta^1$  aan de landzijde en in het midden, alsmede het midden en de vóorzijde, het gebied aan waar de kering plaatsvindt. Voor zware gronden, alsmede hogere snelheden op lichtere gronden, is een regelmatige kering over het gehele risteroppervlak noodzakelijk.

#### 4.1.4. Ristervorm, grondsoort en snelheid

Met de tot nu toe gestelde eisen als uitgangspunt is het mogelijk in grote lijnen de meest gewenste ristervorm voor de verschillende grondsoorten en ploegsnelheden vast te leggen en hieraan de onderzochte risters te toetsen.

Uitgaande van een regelmatige grondlegging, zal op zware, moeilijk ploegbare grond, de ristervorm en op lichte, gemakkelijk verkrui melende grond, de ploegsnelheid de beperkende factor zijn. De gestelde eisen voor deze beide vertonen echter een grote mate van overeenkomst, zodat mag worden aangenomen, dat een rister, dat goed werk levert op de zware gronden, zij het met kleine veranderingen, ook geschikt is voor hogere ploegsnelheden op de lichtere. Of een dergelijk rister in diverse afmetingen voor alle in Nederland voorkomende gronden bruikbaar is, zal door nader onderzoek moeten worden aangetoond. De eerste proeven met een door de heer J. Boer van het Rijkslandbouwconsulentschap voor Landbouwwerktuigen te Wageningen en Van Rumpt N.V. te Stad aan 't Haringvliet ontwikkeld rister, dat op deze grondslagen is gebaseerd, hebben echter een hoopvol resultaat opgeleverd.

Van een dergelijk rister moet de horizontale snijhoek van de schaar  $40$  à  $45^\circ$  bedragen. De verticale oploophoek  $\delta$  moet boven de hiel van de schaar  $90^\circ$  overschrijden, terwijl de keringshoek  $\delta^1$  van de landzijde naar de vóórzijde regelmatig moet toenemen en aan de vóórzijde tenminste  $125^\circ$  moet bedragen. De hoek  $\varphi$  aan de landzijde mag niet te groot zijn, terwijl dezelfde hoek aan de vóórzijde, op zware gronden groter en op lichte gronden kleiner moet zijn. Ook de verticale oploophoek  $\delta$  aan de landzijde van het rister moet aan de grondsoort kunnen worden aangepast, waarbij deze hoek op zware gronden wat groter zal moeten zijn dan op lichtere.

Een universeel rister zal dus, zowel aan de landzijde in het verticale vlak, als aan de vóórzijde in het horizontale vlak, verstelmogelijkheden moeten hebben, terwijl ook scharen met diverse verticale snijhoeken moeten kunnen worden gemonteerd. Een dwingende eis voor dit alles is een flexibele risterplaat, die voldoende is ondersteund om de grote krachten, die er op komen, te kunnen opvangen.

Aan de hand van de voorgaande beschouwing, alsmede het geleverde werk op de diverse proefvelden, kunnen de onderzochte risters nader worden bestudeerd.

Het *FRDCP*-rister heeft een zeer smalle schaar, is aan de landzijde laag en vlak en aan de vóórzijde ver doorgelopen. De hoek  $\varphi$  is aan de vóórzijde kleiner dan aan de landzijde. Hierdoor is dit rister geschikt om samenhangende gronden bij lage snelheden tot een diepte van ca. 15 cm en een breedte van ca. 30 cm sterk kerend te ploegen. Bij hogere snelheden zal, op dit soort gronden, het ploegwerk onregelmatig worden en op lichtere gronden de grond over het rister schieten, of door de geringe snijhoek van de schaar opzij worden geschoven.

De breedte en de lengte van de *DMC 3/8*, alsmede de grootte van de hoeken  $\delta$  en  $\delta^1$  maken dit rister ongeschikt voor zware gronden, alsmede voor hoge snelheden op lichte gronden. Het *BW7G*-rister zal bij lage snelheden en een ploegdiepte van niet meer dan 20 cm aanvaardbaar werk leveren, mits de grond niet te zwaar is. Hetzelfde geldt voor wat betreft snelheid en diepte voor de *DM 25K*, die echter ook op zwaardere gronden, mede door de grootte van de hoeken  $\delta$  en  $\delta^1$ , goed ploegwerk zal leveren.

De *SCN9K* is door zijn vorm uitermate geschikt voor goed ploegwerk op de middel-zware en zware gronden. De breedte van dit rister beperkt echter de maximale diepte, die onder moeilijke omstandigheden ongeveer 20 cm bedraagt. Tevens is, door het feit dat het niet verstelbaar is aan de vóórzijde, dit rister ongeschikt voor ploegsnelheden boven 4 km/h op de lichte gronden. Was het wel verstelbaar, dan zouden zowel grotere



ploegdiepten op de zwaardere gronden, als hogere snelheden op de lichtere, tot de mogelijkheden behoren.

Een voorbeeld van een rister met een verstelbare steun is het *P*-rister. In de stand, waarin het hier is weergegeven, is de hoek  $\varphi$  te klein voor zware gronden. Op lichte daarentegen zal met snelheden tot ca. 6 km/h redelijk werk worden verkregen. Door het verstellen van de steun wordt het aan de zwaardere gronden aangepast. Op moeilijk te ploegen grond is echter een ploegdiepte van ca. 20 cm het maximum; de breedte, ook na het verstellen van de steun, is te gering voor grotere diepten.

De *TWZ*, die minder gewonden is, aan de landzijde steiler oploopt, en waarvan de hoek  $\varphi$  aan de land- en vóórzijde overeenkomt met de *P*, is niet verstelbaar aan de vóórzijde. Op zware, moeilijk te ploegen gronden zal hierdoor zelfs bij een diepte van 20 cm de kering al onvoldoende worden en moet de strijkplaat als risterverlenging worden gebruikt. Op de wat lichtere levert dit rister goed werk, zij het dat ook hier een ploegsnelheid van ongeveer 6 km/h het maximum zal zijn. De fabrikant heeft dit rister inmiddels veranderd en van een verstelbare ristersteun voorzien. Ook deze nieuwe vorm zal echter door zijn lengte en breedte ongeschikt zijn voor ploegdiepten groter dan 20 cm op de zware gronden. Het *TWZ*-rister heeft de grootste snijbreedte van de schaar, nl. ruim 40 cm. Zelfs bij grote ploegbreedten wordt dus de volledige ploegbalk aan de onderkant losgesneden.

De *111*- en *111* 1964-risters hebben een afwijkende vorm. De hoek  $\delta$  bereikt aan de bovenzijde van het rister, zowel aan de landzijde als boven de hiel van de schaar, waarden groter dan  $90^\circ$ , terwijl de gewondenheid betrekkelijk gering is. Van alle onderzochte risters benaderen deze beide het meest de cilindrische vorm. De kering van de grondbalk vindt praktisch geheel op het eerste deel van het rister plaats. Het gevolg hiervan is, dat deze risters zeer snelheidsgevoelig zijn en alleen bij lage snelheden aanvaardbaar werk zullen leveren op de lichte en middelzware gronden. Op de nog zwaardere gronden zijn de afmetingen de beperkende factor. Aangezien de *111* 1964 nog steiler staat dan de *111*, zal het werk van de eerste minder zijn dan van de tweede. De *O1110*, een prototype, dat uit de *111* was ontwikkeld, om zowel op de lichtere als op de zware gronden beter werk te verkrijgen, voldeed niet aan de verwachtingen en is door de fabrikant niet in productie genomen. In verband met waarnemingen aan grondlegging en trekkracht is het toch in deze publikatie opgenomen. Zowel de *111* als de *O1110* zijn inmiddels door de fabrikant veranderd.

Aan de hand van deze beschouwing kan worden gesteld, dat geen der gekarakteriseerde risters geschikt is voor snelheden boven 5 à 6 km/h op de lichtere gronden, terwijl ploegdiepten tot 20 cm op de zware gronden, onder moeilijke omstandigheden, tot het maximum behoren. Gezien de tendens naar grotere ploegdiepten en hogere snelheden zullen de risters hierbij moeten worden aangepast.

## 4.2. DE TREKKRACHT

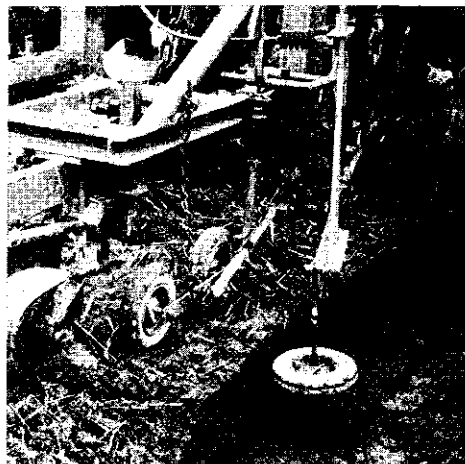
### 4.2.1. De meetapparatuur

Om storende invloeden van de verschillen in ploegconstructie te elimineren, is een speciaal raam geconstrueerd, waaraan alle te onderzoeken risters op eenvoudige wijze kunnen worden gemonteerd (afb. 8). Aan dit ploegraam zijn tastwielen bevestigd voor het registreren van de ploegbreedte en ploegdiepte (afb. 9). Met behulp van flexibele kabels worden de veranderingen in breedte en dikte van de grondbalk ten opzichte van een bepaalde nulstand geregistreerd.

Onder de trekker is een meetraam bevestigd, dat alleen in de rijrichting ten opzichte



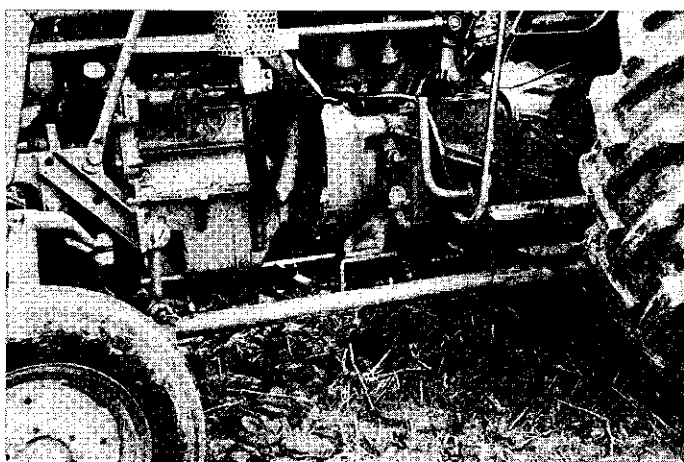
Afb. 8 De meetploeg.  
*Fig. 8 Ploughframe.*



Afb. 9 De tastwielen voor het meten van ploegbreedte en -diepte.  
*Fig. 9 Feeler wheels for measuring ploughingwidth and -depth.*

van de trekker kan bewegen. De trekstangen en de topstang van de driepuntshefinrichting zijn hieraan gemonteerd, terwijl zich tussen meetraam en trekker een hydraulische trekkrachtmeter bevindt (afb. 10). De horizontale langscomponent van de trekkracht, benodigd voor de in de driepuntshefinrichting bevestigde meetploeg, wordt door deze trekkrachtmeter geregistreerd.

De reeds genoemde registratie-apparatuur, alsmede een stophorloge, een toerenteller en een brandstofmeter, zijn rond de zitplaats van de trekkerbestuurder gegroepeerd

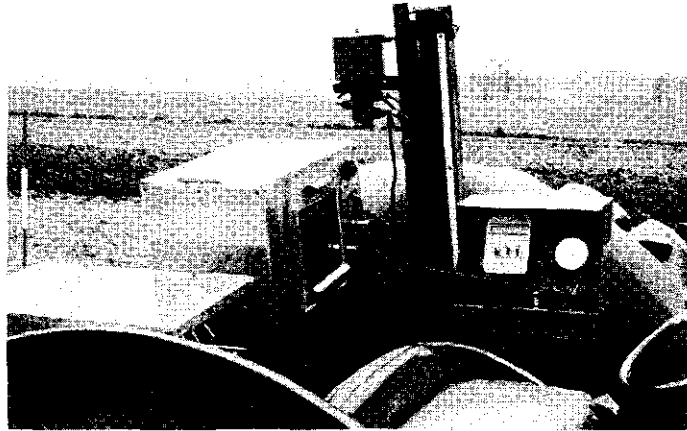


Afb. 10  
 Het meetraam met de trekkrachtmeter.

*Fig. 10  
 Frame with dynamometer.*

Afb. 11  
De registratie-  
apparatuur.

Fig. 11  
Registration  
instruments.



(afb. 11). Met behulp van het stophorloge wordt de juiste snelheid vastgelegd, terwijl het toerental van de evenredige aftakas wordt gebruikt voor het bepalen van de wielslip. Deze wielslip dient alleen als controlewaarneming en is evenals het brandstofverbruik niet verwerkt.

#### 4.2.2. De metingen

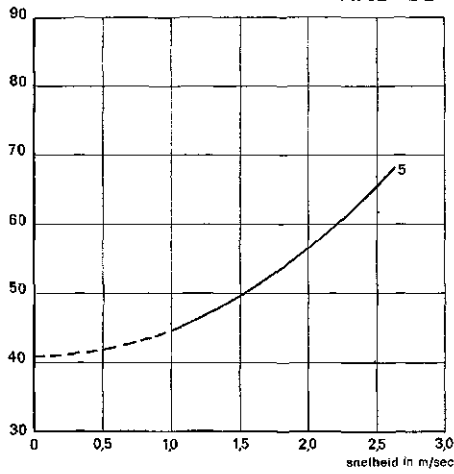
Op elk proefveld (zie 5.1) is met een groep risters bij een aantal, voor alle risters gelijke, snelheden geploegd (bijlage 4). Verder is er naar gestreefd voor elk rister een gelijke ploegbreedte en -diepte per proefveld te handhaven. Om de invloed van eventuele kleine verschillen hierin te elimineren, zijn de trekkrachten (kg) gedeeld door de vóórdoorsnede ( $\text{dm}^2$ ) en uitgedrukt in de specifieke grondweerstand ( $\text{kg}/\text{dm}^2$ ). Per proefveld zijn nu de verschillen in specifieke grondweerstand, die bij eenzelfde snelheid werden gevonden, terug te brengen tot verschillen in vorm en afmetingen van de risters en per rister over de diverse proefvelden tot verschillen in aard en toestand van de grond.

Tijdens dit onderzoek is alleen de horizontale langscomponent van de trekkracht gemeten. Deze is per snelheid uitgedrukt in de specifieke grondweerstand en vervolgens per proefveld en per rister getoetst aan de formule  $Z = Z_0 + \epsilon v^2$  ( $Z$  in  $\text{kg}/\text{dm}^2$ ;  $v$  in  $\text{m}/\text{sec}$ ). In deze formule, ontwikkeld door Gorjatschkin (2) en later vereenvoudigd door Söhne (10) is de specifieke grondweerstand  $Z$  samengesteld uit een statisch, van de snelheid onafhankelijk, deel  $Z_0$  en een dynamisch, met het kwadraat van de snelheid toenemend, deel  $\epsilon v^2$ .

Uiteraard moet er een overeenkomst bestaan tussen het aldus berekende verband van de snelheid en de specifieke grondweerstand en de verzamelde waarnemingen bij de diverse snelheden. Het verklarend gedeelte van de variantie wordt uitgedrukt in  $R^2$  (max. 1,0). In afb. 12, 13 en 14 is het berekende verband tussen de specifieke grondweerstand en de snelheid weergegeven, voorzover  $R^2$  0,70 of groter is. Een vergelijking van de in deze afbeeldingen vermelde risters en bijlage 4 toont, dat vooral op de zware gronden de overeenkomst gering is. Alle risters op het proefveld Randwijk 1963 hebben een  $R^2 < 0,30$ , terwijl op het proefveld Westmaas 1961 deze waarde voor drie van de vier risters lager is dan 0,35; te Slootdorp 1961 daarentegen voldoen drie

specifieke grond-  
weerstand in kg/dm<sup>2</sup>

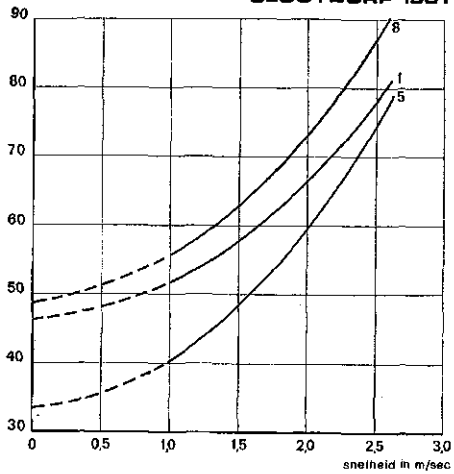
WESTMAAS 1961



5. DM 25K  $Z = 40.8 + 3.9v^2$  ( $R^2 : 0.71$ )

specifieke grond-  
weerstand in kg/dm<sup>2</sup>

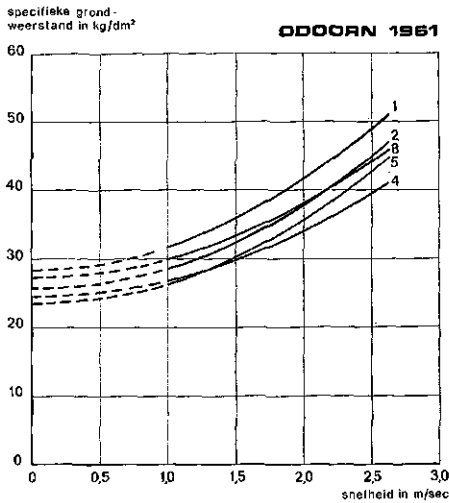
SLOOTDORP 1961



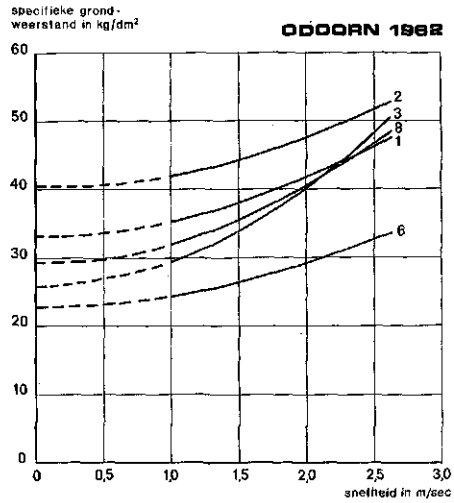
1. TWZ  $Z = 46.6 + 5.0v^2$  ( $R^2 : 0.93$ )  
 5. DM 25K  $Z = 33.5 + 6.7v^2$  ( $R^2 : 0.94$ )  
 8. 111  $Z = 49.1 + 6.2v^2$  ( $R^2 : 0.91$ )

Afb. 12 Verband tussen specifieke grondweerstand en snelheid op kleigrond.

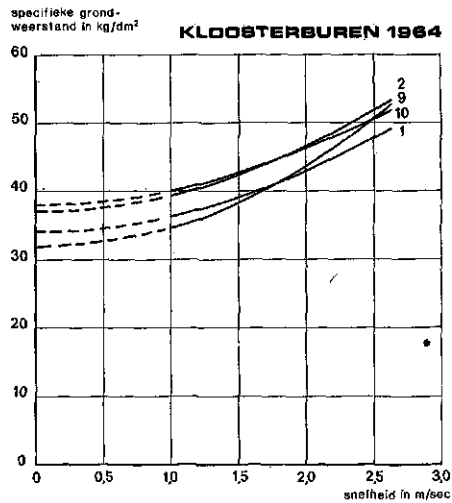
Fig. 12 Relation between specific ploughing resistance and speed on clay soil.



- 1. TWZ  $Z = 28.4 + 3.3v^2$  ( $R^2: 0.88$ )
- 2. P  $Z = 25.6 + 3.1v^2$  ( $R^2: 0.86$ )
- 4. DMC  $\frac{3}{8}$   $Z = 24.5 + 2.4v^2$  ( $R^2: 0.82$ )
- 5. DM 25K  $Z = 23.3 + 3.1v^2$  ( $R^2: 0.94$ )
- 8. 111  $Z = 27.3 + 2.7v^2$  ( $R^2: 0.85$ )



- 1. TWZ  $Z = 33.0 + 2.1v^2$  ( $R^2: 0.93$ )
- 2. P  $Z = 40.2 + 1.8v^2$  ( $R^2: 0.78$ )
- 3. BW7G  $Z = 25.5 + 3.6v^2$  ( $R^2: 0.92$ )
- 6. SCN9K  $Z = 22.5 + 1.6v^2$  ( $R^2: 0.85$ )
- 8. 111  $Z = 28.9 + 2.8v^2$  ( $R^2: 0.89$ )



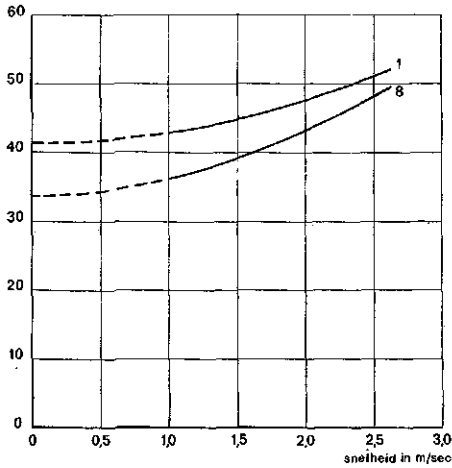
- 1. TWZ  $Z = 29.0 + 2.2v^2$  ( $R^2: 0.87$ )
- 2. P  $Z = 32.0 + 2.4v^2$  ( $R^2: 0.78$ )
- 9. 111 1964  $Z = 26.5 + 3.1v^2$  ( $R^2: 0.83$ )
- 10. O111O  $Z = 33.2 + 2.0v^2$  ( $R^2: 0.72$ )

Afb. 13  
Verband tussen specifieke grondweerstand en snelheid op zand- en zavelgrond.

Fig. 13  
Relation between specific ploughing resistance and speed on sand- and sandy loam soil.

specifieke grond-  
weerstand in kg/dm<sup>2</sup>

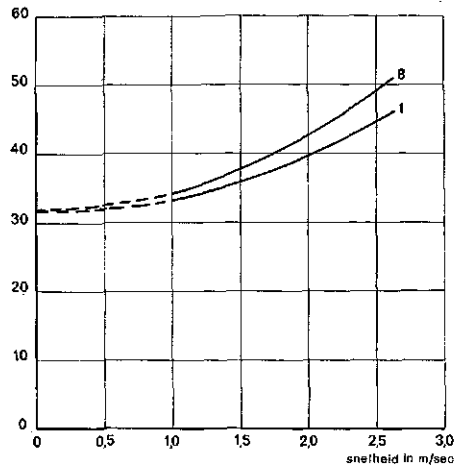
**WIJNANDSRADE 1962**



1. TWZ  $Z = 41.3 + 1.6v^2$  ( $R^2 : 0.76$ )  
8. 111  $Z = 34.0 + 2.3v^2$  ( $R^2 : 0.96$ )

specifieke grond-  
weerstand in kg/dm<sup>2</sup>

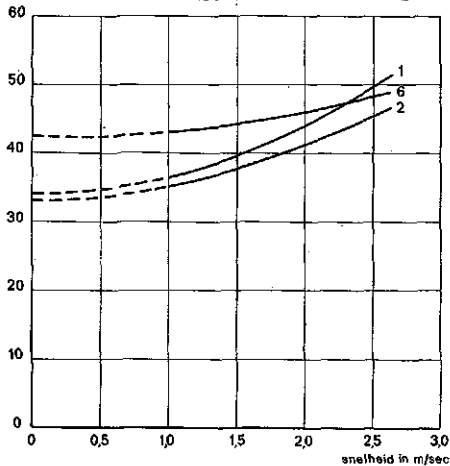
**WIJNANDSRADE 1963**



1. TWZ  $Z = 31.1 + 2.2v^2$  ( $R^2 : 0.94$ )  
8. 111  $Z = 31.1 + 2.9v^2$  ( $R^2 : 0.98$ )

specifieke grond-  
weerstand in kg/dm<sup>2</sup>

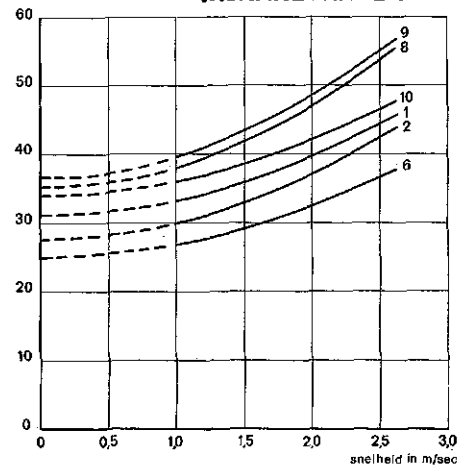
**WIJNANDSRADE 1964**



1. TWZ  $Z = 34.0 + 2.6v^2$  ( $R^2 : 0.94$ )  
2. P  $Z = 33.0 + 2.0v^2$  ( $R^2 : 0.92$ )  
6. SCN9K  $Z = 42.3 + 1.0v^2$  ( $R^2 : 0.74$ )

specifieke grond-  
weerstand in kg/dm<sup>2</sup>

**WIJNANDSRADE 1965**



1. TWZ  $Z = 31.2 + 2.1v^2$  ( $R^2 : 0.90$ )  
2. P  $Z = 27.3 + 2.5v^2$  ( $R^2 : 0.88$ )  
6. SCN9K  $Z = 24.8 + 1.9v^2$  ( $R^2 : 0.95$ )  
8. 111  $Z = 35.1 + 3.0v^2$  ( $R^2 : 0.95$ )  
9. 111 1964  $Z = 36.8 + 2.9v^2$  ( $R^2 : 0.94$ )  
10. O111O  $Z = 34.1 + 2.0v^2$  ( $R^2 : 0.84$ )

Afb. 14 Verband tussen specifieke grondweerstand en snelheid op lössgrond.

Fig. 14 Relation between specific ploughing resistance and speed on löss soil.

van de vier onderzochte risters aan de gestelde eisen. Op de lichtere gronden zijn maar enkele risters buiten beschouwing gebleven en wel eenmaal te resp. Wijnandsrade 1962 ( $R^2 = 0,46$ ), Wijnandsrade 1964 ( $R^2 = 0,66$ ) en Kloosterburen 1964 ( $R^2 = 0,21$ ).

Alle berekende waarden van  $Z_0$  en  $\varepsilon$ , alsmede hun spreidingen, zijn vermeld in de bijlagen 5 en 6. Een onderlinge vergelijking van de spreiding en voor zover mogelijk de  $R^2$  geeft een indruk van de betrouwbaarheid van het materiaal. In bijlage 7 is de grootte van  $Z$  gemiddeld ( $\bar{Z}$ ) per proefveld opgenomen.

#### 4.2.3. Trekkkracht en grond

De specifieke grondweerstand van een bepaald ristertype is afhankelijk van de aard en de toestand van de grond. Welke rol hierin de aard, dus o.a. het percentage afslibbare delen, het kalkgehalte, het humusgehalte en de toestand, dus de grond : water : lucht-verhouding, speelt, is nog onvoldoende bekend.

Een variantie-analyse, uitgevoerd voor de proefvelden Odoorn, Wijnandsrade en Kloosterburen, dus de lichtere percelen, voor alle risters en snelheden tezamen, geeft binnen deze groep geen betrouwbare verschillen voor de factor  $\varepsilon$ . Praktisch al deze percelen zijn geploegd met een vochtgehalte van ongeveer pF 2,0<sup>1)</sup> (tabel 4, blz. 39). De verschillen in aard en dichtheid van de grond zullen elkaar dus, met betrekking tot de toeneming van de specifieke grondweerstand bij hogere snelheden, opheffen. Helaas bieden de waarden van  $\varepsilon$  voor de andere proefvelden, door hun grote spreiding vooral op Westmaas 1961 en Randwijk 1963, weinig houvast. Uitgaande van de betrouwbare waarden levert een rangschikking naar grootte het volgende beeld: Odoorn, Wijnandsrade, Kloosterburen: 1,0-3,5; Westmaas 1961:  $\pm 4,0$ ; Slootdorp 1961: 5,0-6,5 en Randwijk 1963:  $\pm 6,0$ . Ook voor de waarde van  $Z_0$  is een dergelijke rangschikking mogelijk: Odoorn, Wijnandsrade, Kloosterburen: 22-42 kg/dm<sup>2</sup>; Slootdorp 1961: 33-50 kg/dm<sup>2</sup>; Westmaas 1961: 40-64 kg/dm<sup>2</sup>; Randwijk 1963: 64-86 kg/dm<sup>2</sup>. Zowel voor  $\varepsilon$  als  $Z_0$  zijn er duidelijke verschillen tussen de drie lichte percelen en Randwijk 1963. De waarde van  $\varepsilon$  voor Westmaas 1961 ligt iets boven het niveau van de drie lichte, die van Slootdorp 1961 op hetzelfde als Randwijk 1963. Voor  $Z_0$  ligt dit precies omgekeerd; hier benadert Slootdorp 1961 het meest het lichte en Westmaas 1961 het meest het zwaarste perceel.

De invloed van het vochtgehalte op de trekkkracht blijkt uit de proefvelden Wijnandsrade 1962-1963 en 1964-1965, waar zowel in het najaar als in het voorjaar op hetzelfde perceel is geploegd. In beide voorjaren (1963 en 1965) was de grond natter, terwijl uit de metingen naar voren komt, dat de waarde van  $Z_0$  in het algemeen lager en van  $\varepsilon$  in het algemeen iets hoger is. Hoewel dit cijfermateriaal gering is, mag hieruit toch wel worden geconcludeerd, dat de specifieke grondweerstand van een nattere grond lager is. De toeneming van de trekkkracht in afhankelijkheid van de snelheid is echter groter.

Gezien de variatie van de verschillende risters in afbeelding 12, 13 en 14 mag worden aangenomen, dat ristervorm en grond op de een of andere manier van elkaar afhankelijk zullen zijn. Een juiste interpretatie is, door de grote spreiding op de zware gronden, moeilijk.

Meer onderzoek, vooral op deze gronden, zal noodzakelijk zijn om een concreter antwoord betreffende trekkkracht en grond te kunnen geven.

<sup>1)</sup> Onder het vochtgehalte bij pF 2,0 wordt verstaan, het vochtgehalte bij een zuigspanning van 1 m water. Voor Nederlandse omstandigheden komt dit ongeveer overeen met de veldcapaciteit.

#### 4.2.4. Trekkkracht en ristervorm

Om een nader inzicht te verkrijgen omtrent de invloed van de ristervorm op de trekkkracht, zijn per proefveld de verschillen tussen resp.  $\varepsilon$  en  $\bar{Z}$  van de diverse risters op hun betrouwbaarheid, op het 5 % niveau, getoetst. De significante verschillen zijn weergegeven in tabel 3. De factor  $\varepsilon$  is bepalend voor de trekkkrachttoeneming bij groter wordende ploegsnelheid, terwijl  $\bar{Z}$ , de gemiddelde specifieke grondweerstand per proefveld, dus het niveau bepaalt. Per proefveld zullen de onderlinge verschillen van deze beide grootheden terug te voeren zijn tot verschillen in ristervorm.

Een directe vergelijking is mogelijk tussen de risters 111 en 111 1964, die beide dezelfde vorm hebben, maar waarvan aan de landzijde de 111 1964 een steilere stand heeft dan de 111 (proefveld Wijndrade 1965). De gemiddelde specifieke grondweerstand van de 111 1964 is significant hoger, terwijl de waarden van  $\varepsilon$  niet significant verschillen. Onder de gegeven omstandigheden was de trekkkracht van een steiler rister dus groter. Ten opzichte van de andere risters zijn de reacties van de 111 en de 111 1964 op dit proefveld gelijk. Aannemende, dat dit ook op andere gronden het geval zal

SLOOTDORP 1961				WIJNANDRADE 1964			
	TWZ	DM25K	111		TWZ	P	SCN9K
TWZ	-	-	-	TWZ	-	+	+
DM25K	-	-	-	P	-	-	+
111	+	+	-	SCN9K	+	+	-

KLOOSTERBUREN 1964					WIJNANDRADE			
	TWZ	P	111'64	01110	1962		1963	
TWZ	-	-	-	-	TWZ	111	TWZ	111
P	+	-	-	-	TWZ	-	-	-
111'64	+	-	-	+	111	-	+	-
01110	+	-	-	-	111	-	-	-

ODOORN 1961						ODOORN 1962					
	TWZ	P	DMC3/6	DM25K	111		TWZ	P	BW7G	SCN9K	111
TWZ	-	-	-	-	-	TWZ	+	-	-	-	-
P	-	-	-	-	-	P	-	-	-	+	-
DMC3/6	-	-	-	+	-	BW7G	-	-	-	-	-
DM25K	-	-	+	-	-	SCN9K	-	-	-	-	-
111	-	-	+	-	-	111	-	-	-	-	-

WIJNANDRADE 1965							
	TWZ	P	SCN9K	111	111'64	01110	
TWZ	-	-	-	-	-	-	
P	-	-	-	-	-	-	
SCN9K	-	-	-	-	-	-	
111	+	+	+	+	+	+	
111'64	+	+	+	+	+	+	
01110	+	+	+	-	-	-	

model	
$\bar{Z}$	$\varepsilon$

Tabel 3 De significante verschillen van  $\varepsilon$  en  $\bar{Z}$  (5 % niveau).

Table 3 Significant differences of  $\varepsilon$  and  $\bar{Z}$  (5 % level).



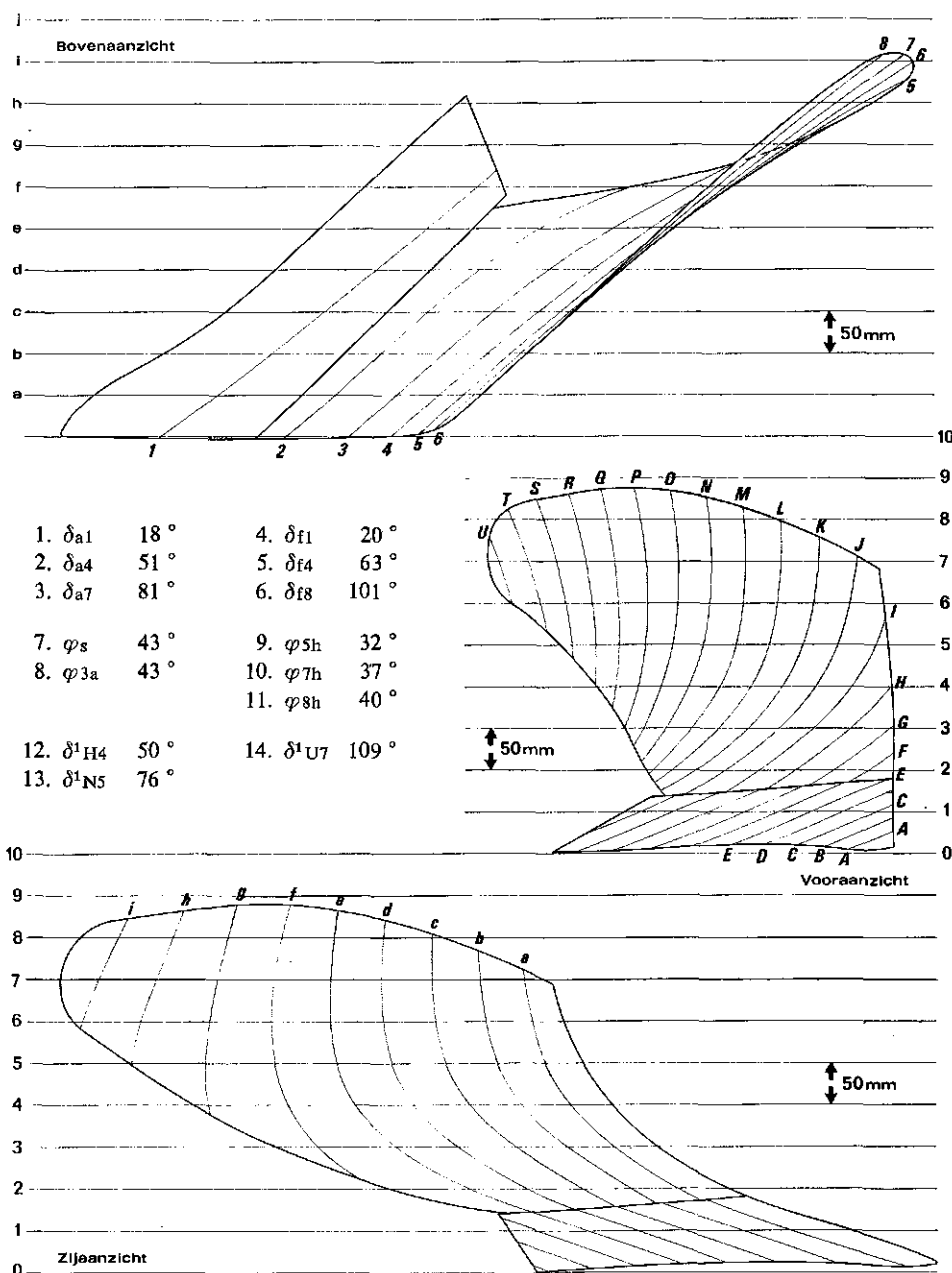
zijn, is het nu mogelijk deze beide gezamenlijk met een groep andere risters te vergelijken. Wat betreft de waarde van  $\varepsilon$  blijkt dat deze, met uitzondering van het proefveld Odoorn 1961, voor de beide genoemde risters, altijd hoger is dan voor resp. de TWZ, de P, de SCN9K en de O111O, ook in die gevallen, waar geen significante verschillen aanwezig zijn. Hetzelfde geldt voor het BW7G-rister, terwijl, echter slechts voor Wijnandsrade 1964 betrouwbaar, de waarden van de P en de TWZ hoger zijn dan van de SCN9K.

De door Söhne (10) uitgesproken verwachting, dat er een verband zou bestaan tussen  $\varepsilon$  en de afwerphoek  $\varphi$  van het rister, wordt door deze gegevens echter niet gesteund. Vergelijking van de genoemde risters in afb. 6, betreffende de hoek  $\varphi$  aan de vóórzijde, toont, dat deze hoek van de SCN9K groter is dan van de TWZ, de P en de O111O en nagenoeg gelijk aan de 111 en de 111 1964. Veel eerder is te verwachten, dat de algehele vorm en dus ook de stand in het verticale vlak bepalend is voor de trekkracht-toeneming bij grotere snelheden.

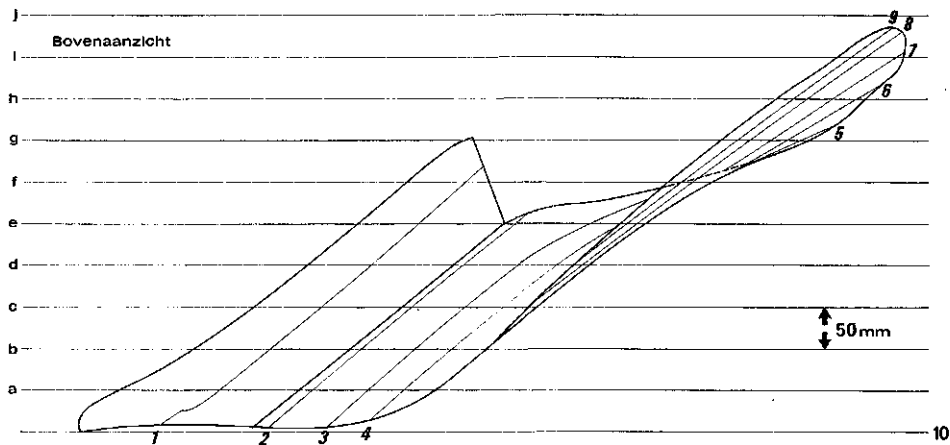
Zoals reeds eerder is gesteld, is alleen een goede grondlegging en vermoedelijk een minimale trekkracht te verkrijgen, wanneer de weg van de grond over het rister vloeiend en regelmatig verloopt. Dit zal naar alle waarschijnlijkheid alleen opgaan voor gronden met een zekere samenhang en vooral bij lage snelheden ten koste gaan van de verkrumming. Het feit, dat voor de onderzochte risters op het proefveld Odoorn 1961 (een zeer lichte zandgrond) geen significante verschillen in de waarde van  $\varepsilon$  zijn gevonden, zou ook hierdoor kunnen worden verklaard.

Wat de specifieke grondweerstand bij de gemiddelde snelheid betreft, is aan de hand van dit materiaal moeilijk een oordeel te geven. Wel is er een significant verschil tussen de 111 en de 111 1964, waaruit kan worden geconcludeerd dat een steiler rister een grotere specifieke grondweerstand heeft. Dit is echter de enige vergelijking, die tussen twee risters van dezelfde vorm in een verschillende stand is gemaakt. Daarnaast zijn er significante verschillen tussen de 111 en de 111 1964 enerzijds en de SCN9K anderzijds, ten gunste van de laatstgenoemde. Vergelijking van andere risters, bijv. de TWZ en de 111 leert echter, dat deze verschillen op het ene proefveld het omgekeerde van het andere kunnen zijn. Ook hier geeft dit eerste onderzoek geen concreet antwoord omtrent de invloed van de rister vorm op de trekkracht. Dit was ook niet te verwachten, gezien de grote variatie in vorm en afmeting van de onderzochte risters, die een studie van een bepaald onderdeel van de vorm ten opzichte van de trekkracht niet mogelijk maakte.

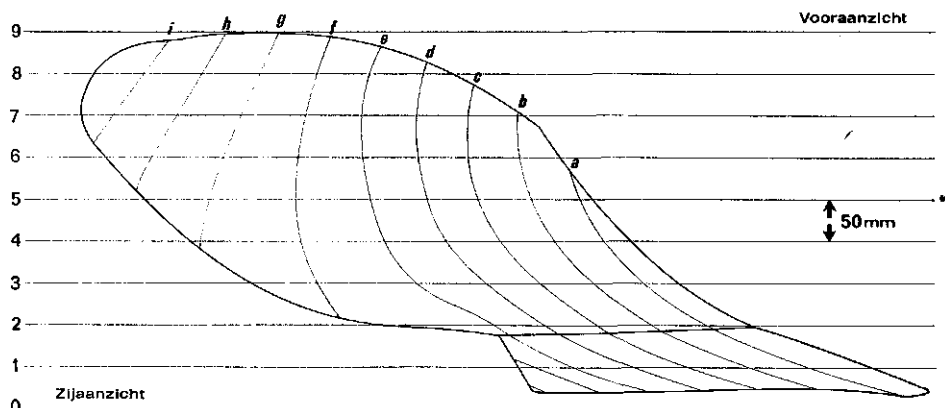
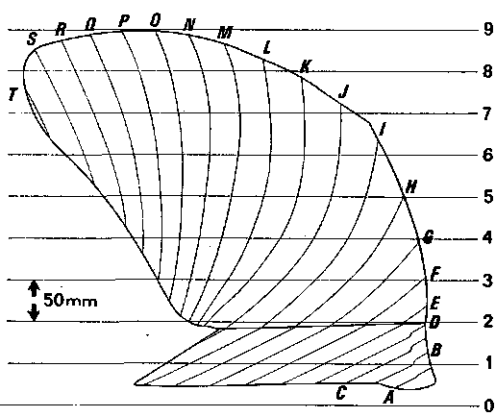
De verkregen resultaten zijn echter van dien aard, dat een op dit punt toegespitst onderzoek met enkele verstelbare risters van duidelijk verschillende vorm en afmeting zinvol zal zijn.



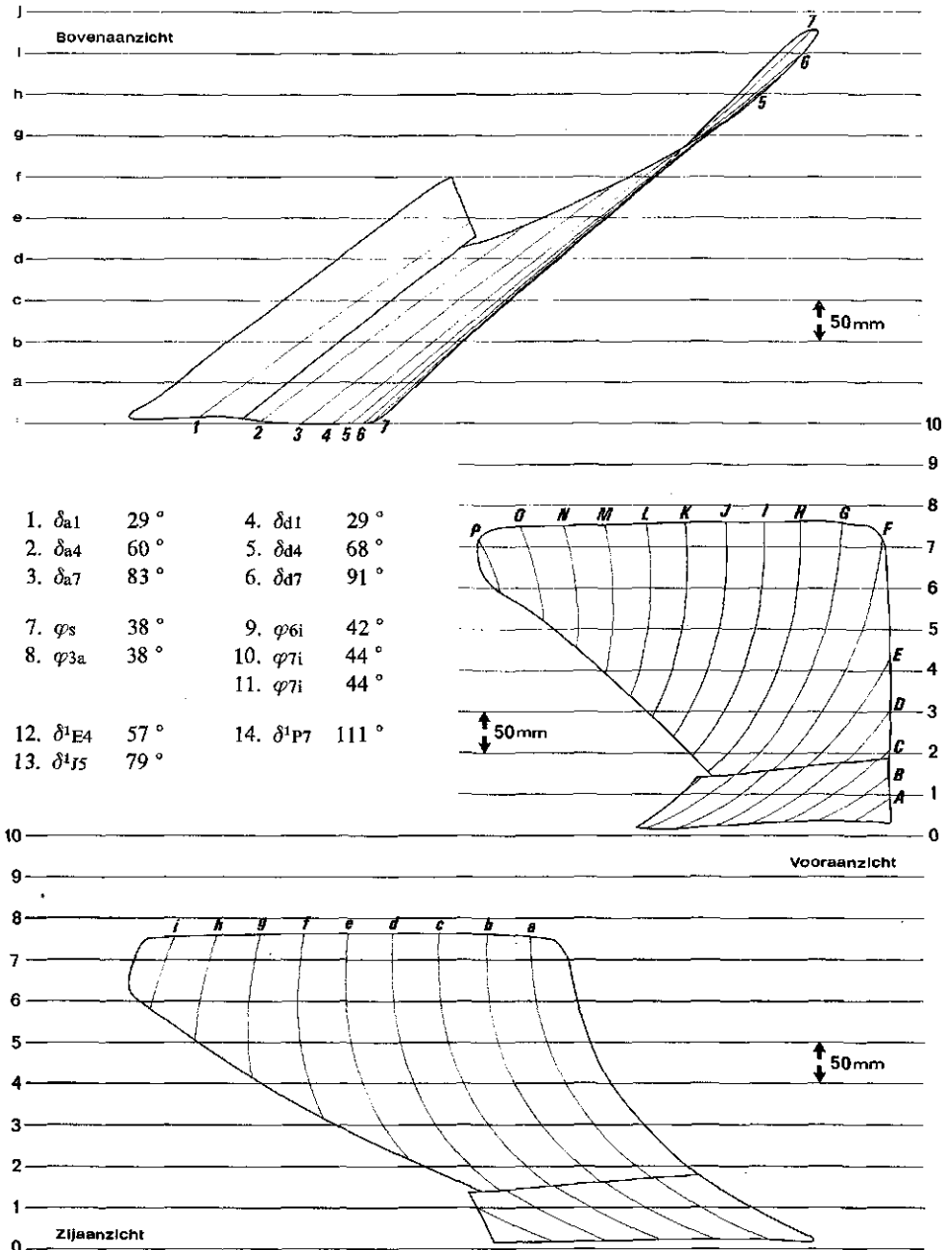
Afb. 15 TWZ.  
 Fig. 15 TWZ.



- |                     |            |                     |             |
|---------------------|------------|---------------------|-------------|
| 1. $\delta_{a1}$    | $21^\circ$ | 4. $\delta_{e1}$    | $22^\circ$  |
| 2. $\delta_{a4}$    | $54^\circ$ | 5. $\delta_{e4}$    | $63^\circ$  |
| 3. $\delta_{a5}$    | $66^\circ$ | 6. $\delta_{e8}$    | $104^\circ$ |
| 7. $\varphi_s$      | $40^\circ$ | 9. $\varphi_{6h}$   | $32^\circ$  |
| 8. $\varphi_{3a}$   | $42^\circ$ | 10. $\varphi_{8h}$  | $36^\circ$  |
|                     |            | 11. $\varphi_{9h}$  | $38^\circ$  |
| 12. $\delta^I_{G4}$ | $52^\circ$ | 14. $\delta^I_{T7}$ | $116^\circ$ |
| 13. $\delta^I_{M5}$ | $78^\circ$ |                     |             |

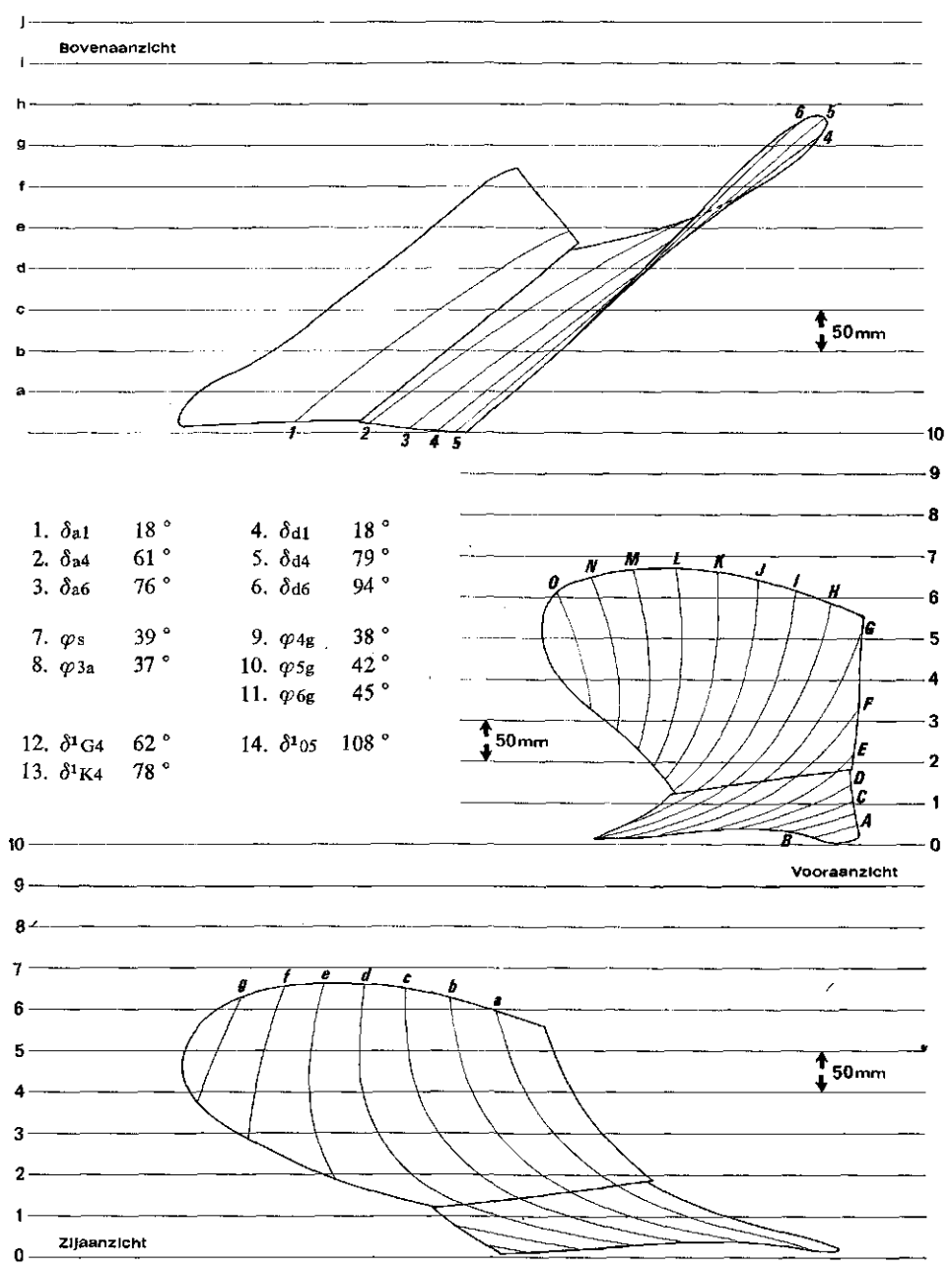


Afb. 16 P.  
Fig. 16 P.

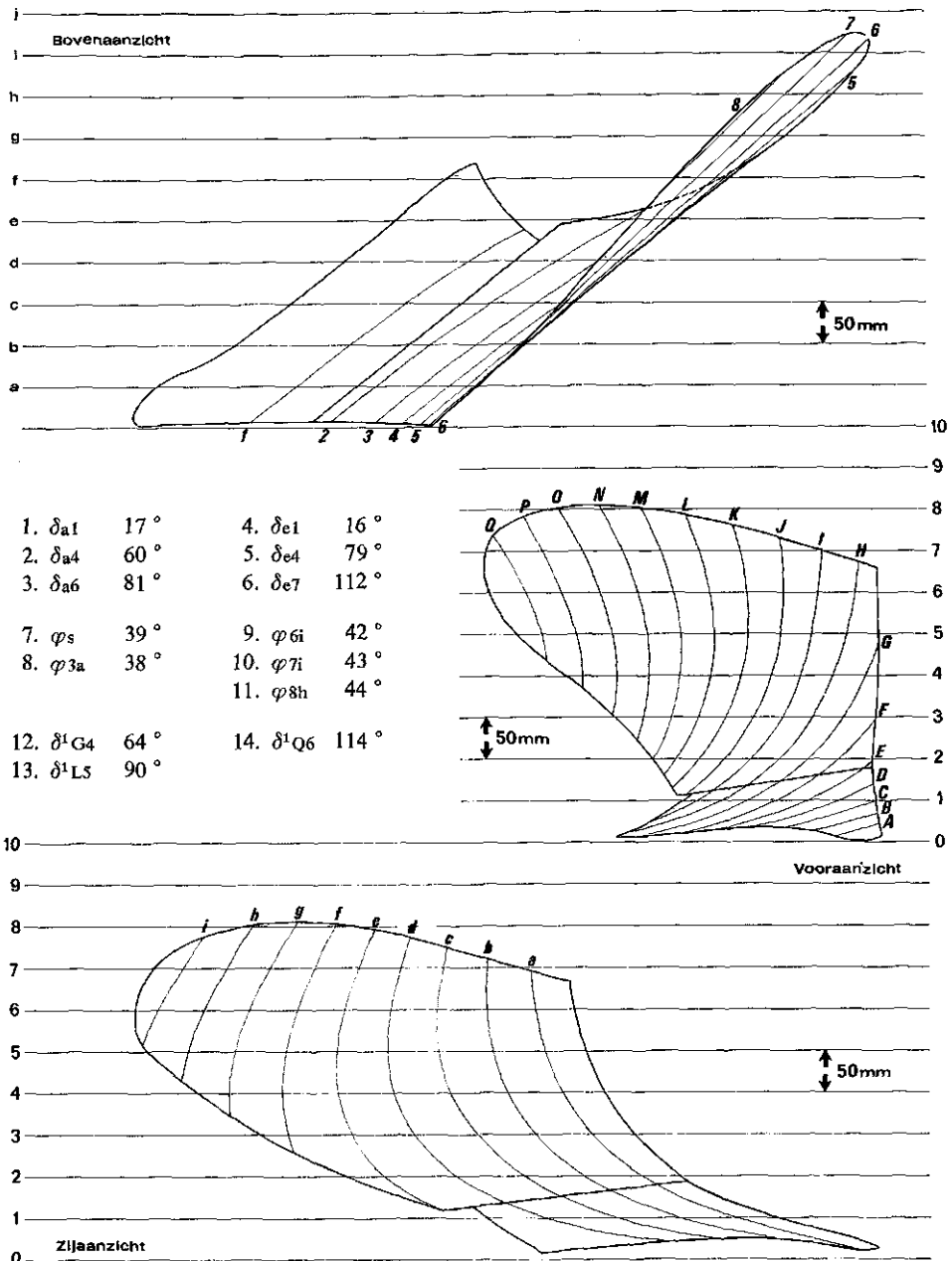


Afb. 17 BW7G.

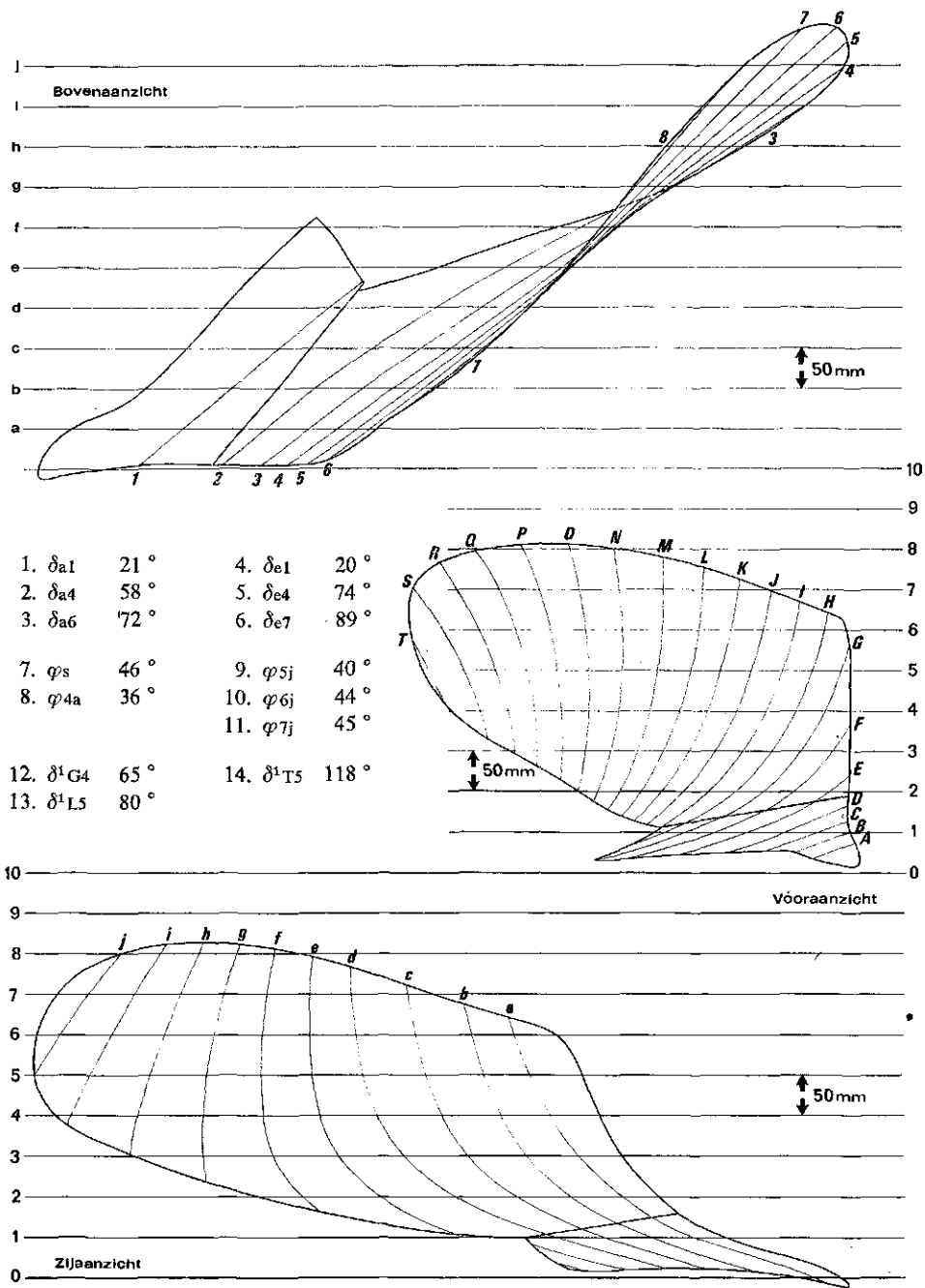
Fig. 17 BW7G.



Afb. 18 DMC  $\frac{3}{8}$ .  
 Fig. 18 DMC  $\frac{3}{8}$ .

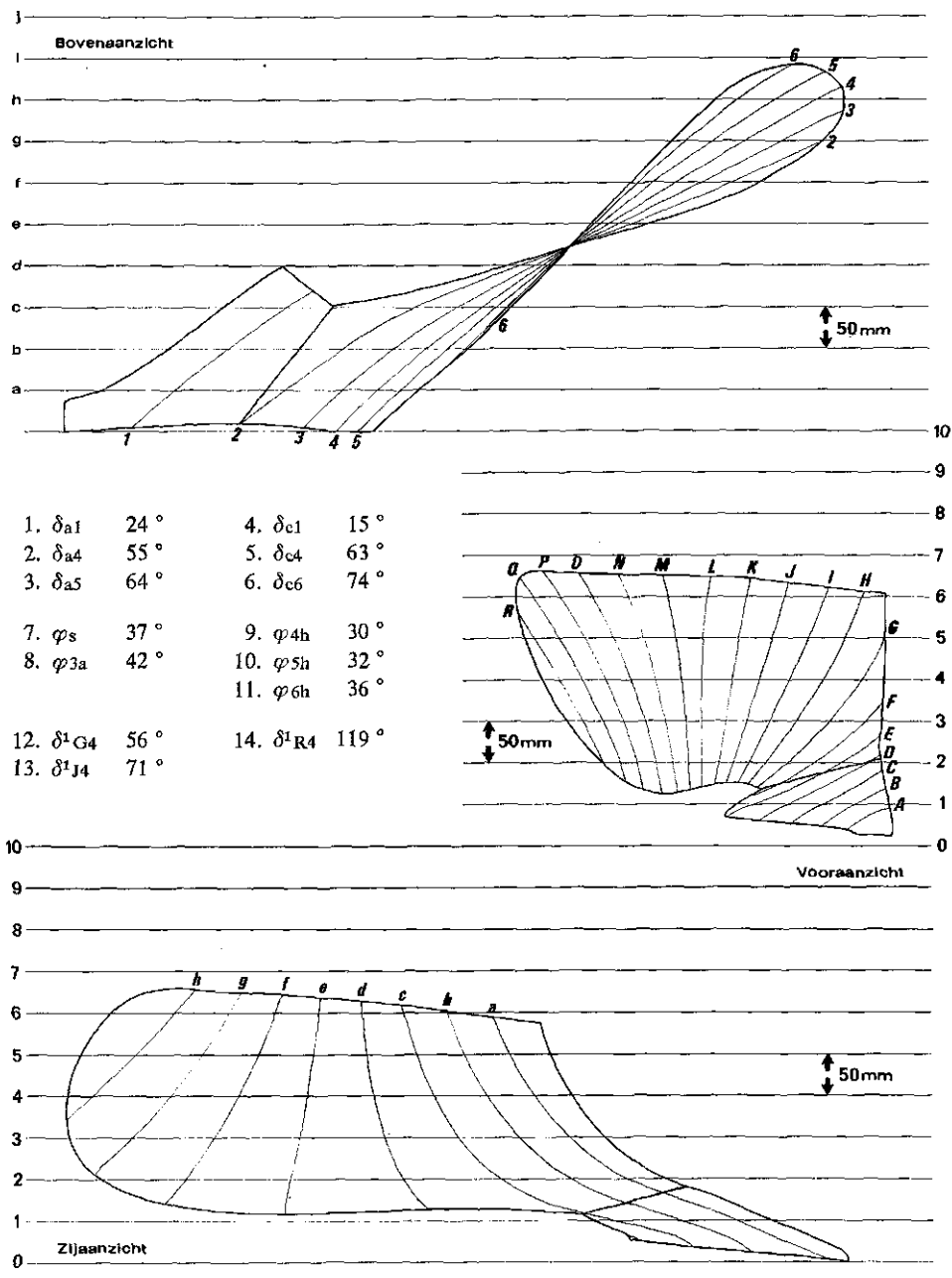


Afb. 19 DM 25K.  
 Fig. 19 DM 25K.



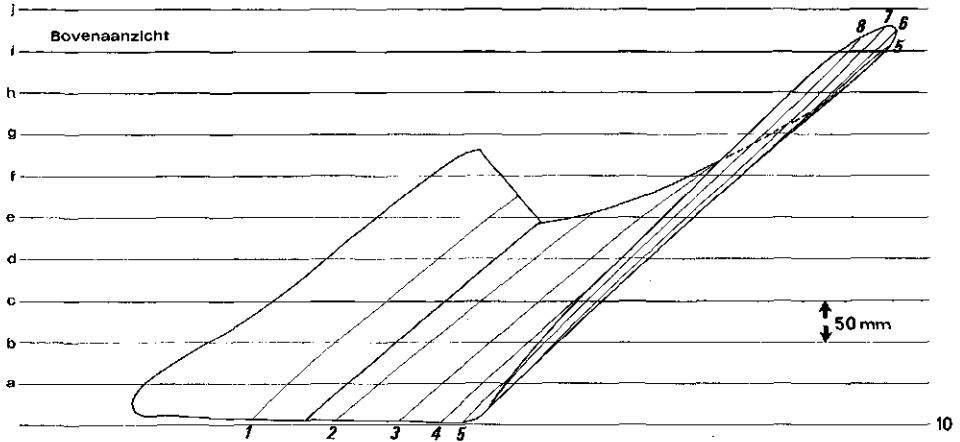
Afb. 20 SCN9K.

Fig. 20 SCN9K.

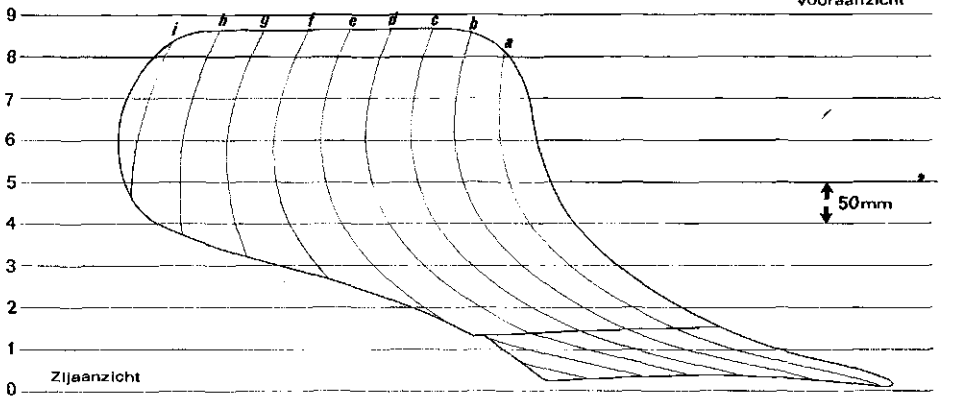
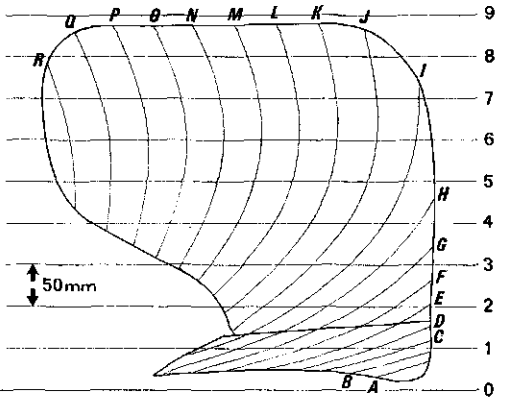


Afb. 21 FRDCP.  
 Fig. 21 FRDCP.

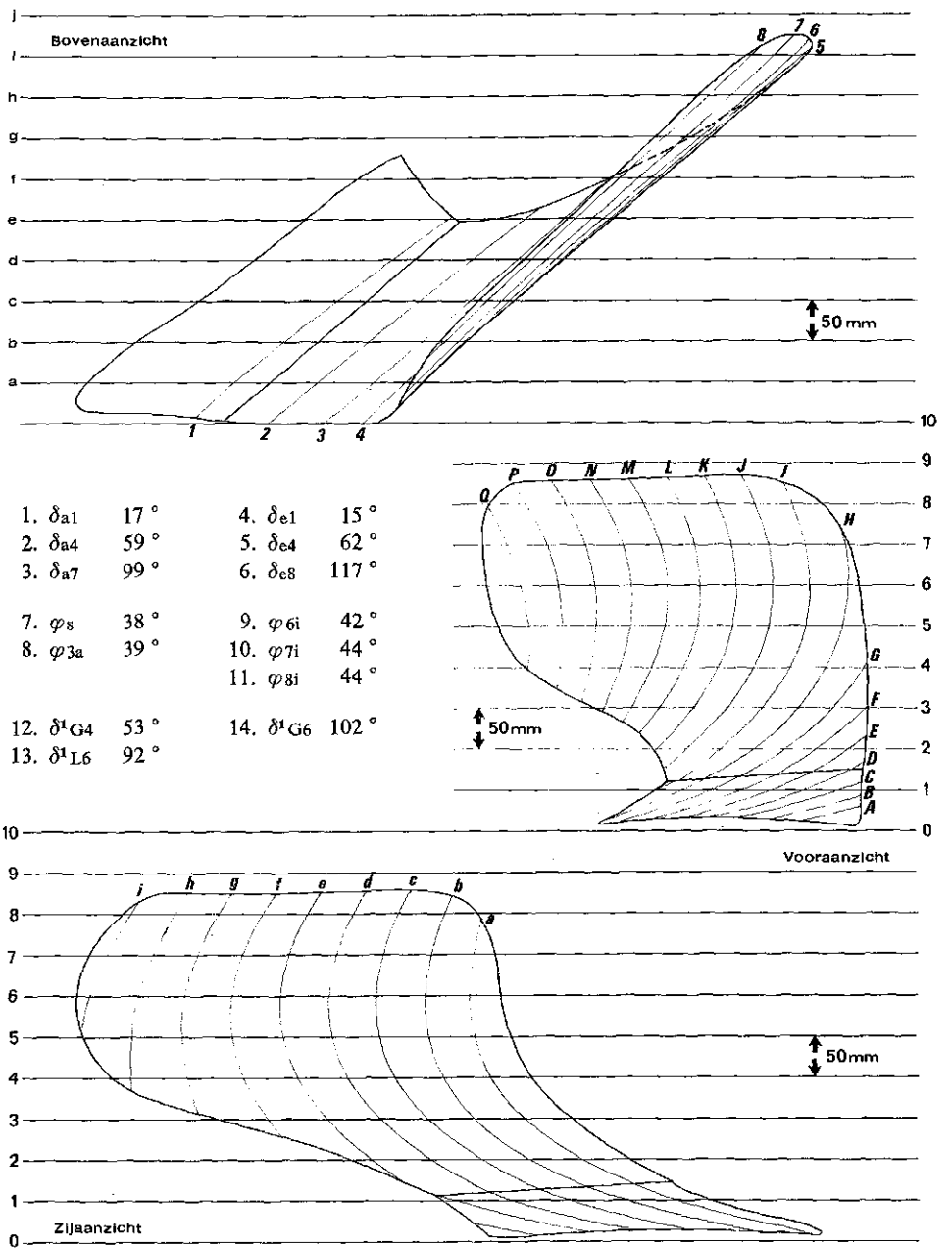




- |                     |            |                     |             |
|---------------------|------------|---------------------|-------------|
| 1. $\delta_{a1}$    | $16^\circ$ | 4. $\delta_{e1}$    | $15^\circ$  |
| 2. $\delta_{a4}$    | $54^\circ$ | 5. $\delta_{e4}$    | $59^\circ$  |
| 3. $\delta_{a7}$    | $92^\circ$ | 6. $\delta_{e8}$    | $110^\circ$ |
| 7. $\varphi_{s}$    | $39^\circ$ | 9. $\varphi_{5i}$   | $40^\circ$  |
| 8. $\varphi_{3a}$   | $41^\circ$ | 10. $\varphi_{7i}$  | $44^\circ$  |
|                     |            | 11. $\varphi_{8i}$  | $45^\circ$  |
| 12. $\delta^1_{H4}$ | $53^\circ$ | 14. $\delta^1_{R6}$ | $98^\circ$  |
| 13. $\delta^1_{M6}$ | $88^\circ$ |                     |             |

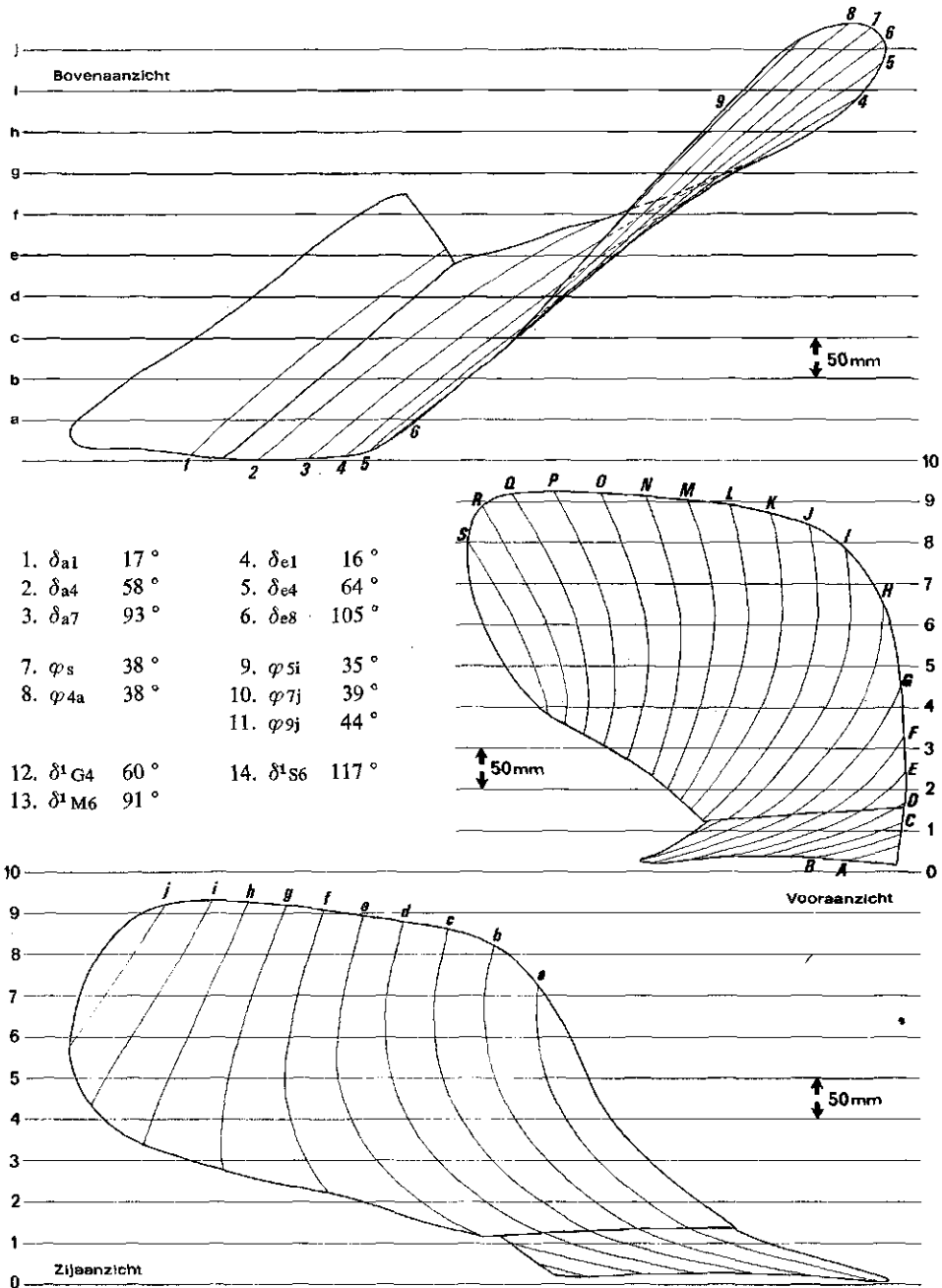


Afb. 22 111.  
Fig. 22 III.



Afb. 23 111 1964.

Fig. 23 111 1964.



Afb. 24 O1110.

Fig. 24 O1110.

## 5. RISTER EN GRONDLEGGING

### 5.1. AARD EN TOESTAND VAN DE GROND OP DE PROEFVELDEN

#### 5.1.1. Grondonderzoek

Een overzicht van de ligging van de diverse proefvelden en de periode waarin ze in het onderzoek zijn betrokken, is vermeld in bijlage 1. Blijkens de uitkomsten van het grondonderzoek (bijlage 2) waren de proefpercelen doorgaans homogeen van samenstelling. Op het proefveld te Slootdorp 1959 werd een tamelijk sterk verloop in het gehalte aan afslibbare delen geconstateerd. Er werd echter geploegd in de richting van dit verloop, zodat de onderlinge vergelijkbaarheid van het geleverde werk hier niet door is beïnvloed. In Westmaas bleek in 1960 een gering verloop in het gehalte aan afslibbare delen voor te komen, nu echter dwars op de ploegricting. Met sommige risters werd hierdoor geploegd op grond met ca. 38 % afslibbare delen, met andere risters op grond met ca. 33 % afslibbare delen. De invloed van dit verschil in zwaarte op het poriënvolume en het vochtgehalte bleek echter zo gering te zijn, dat ook in dit geval de onderlinge vergelijkbaarheid van het geleverde werk hierdoor niet beïnvloed zal zijn. Op de overige proefvelden werd geen verloop in het slibgehalte geconstateerd.

De grond van de proefvelden Slootdorp 1959 en Westmaas 1960 kan worden beschreven als koolzure kalkrijke zware zavel, die van de proefvelden Slootdorp 1961 en Westmaas 1961 als koolzure kalkrijke lichte zeeklei. In Odoorn werd in 1961 een „lichte” zandgrond geploegd (ca. 4 % organische stof), in 1962 een „zware” zandgrond (ca. 6,5 % organische stof). De proefvelden te Wijnandsrade lagen op slempgevoelige löss<sup>1)</sup> (laag gehalte aan organische stof, geen koolzure kalk), terwijl het proefveld te Kloosterburen op slempgevoelige zeer lichte zavel lag, waarin slechts enkele resten koolzure kalk aanwezig waren. Het proefveld te Randwijk tenslotte lag op zware koolzure kalkloze rivierklei.

#### 5.1.2. De grond: water: lucht-verhouding

De grond:water:lucht-verhouding bleek in de meeste gevallen over het gehele proefveld tamelijk uniform te zijn (bijlage 3). Tussen de beide bemonsterde lagen (5-10 en 15-20 cm-mv) bestond doorgaans weinig verschil; in die gevallen is in bijlage 3 alleen het gemiddelde voor beide lagen vermeld. Als gevolg van een stoppelbewerking was echter in 1964 zowel te Wijnandsrade als te Kloosterburen de laag 5-10 cm beduidend lossier dan de laag 15-20 cm-mv.

Hoewel op het proefveld Westmaas 1961 halverwege de proefnemingen ca. 25 mm neerslag viel, komt dit in de cijfers niet tot uiting, omdat de desbetreffende monsters werden genomen vóór de aanvang van de proeven. In Odoorn komt de invloed van de regenval tijdens het onderzoek in 1961 wél tot uiting, omdat hier per dag werd bemonsterd: de stroken 3 en 4 waren aanmerkelijk natter dan de stroken 1 en 2. Op dit proefveld doet zich bovendien een niet met verschillen in granulaire samenstelling samenhangend verloop in het poriënvolume voor. Op strook 1 was het poriënvolume ruim 50 vol. % om via strook 2 en 3 geleidelijk af te nemen tot ca. 45 vol. % op strook 4. Vermoedelijk moet de verklaring voor het afnemen van het poriënvolume in deze

<sup>1)</sup> Löss bestaat voor ca. 60 gew. % uit deeltjes van de subfractie 16-50  $\mu$ ; het percentage deeltjes in de fractie  $< 16 \mu$  is ruim tweemaal zo groot als dat in de fractie  $< 2 \mu$ , in tegenstelling tot kleigronden, waar deze verhouding meestal ca. 1½ is.

richting worden gezocht in het feit dat strook 1 het verst van de boerderij is verwijderd, terwijl strook 4 daar vlakbij ligt. Het lijkt niet onwaarschijnlijk, dat bij het afvoeren van de oogst naar de boerderij over strook 4 relatief meer zal zijn gereden, dan over strook 1, waar een kleiner poriënvolume op strook 4 het gevolg van kan zijn.

De omstandigheden tijdens het ploegen in de verschillende jaren kunnen worden gekarakteriseerd door het verschil in het vochtgehalte bij bemonstering en dat bij pF 2,0.

Uit tabel 4 blijkt dat het ploegen plaatsvond bij vochtgehalten die dicht in de buurt lagen van het vochtgehalte bij pF 2,0, d.w.z. dat er meestal onder tamelijk natte omstandigheden werd gewerkt. Herfst 1962 vormt hierop een uitzondering; toen werd onder relatief droge omstandigheden geploegd. Het is opvallend, dat in Wijnandsrade het ploegen in het voorjaar beide keren onder nattere omstandigheden plaatsvond dan het ploegen in de voorgaande herfst.

Tabel 4 Verskil in vochtgehalte (gew. %) bij bewerking en bij pF 2,0.

Table 4 Differences in moisture content (% of dry weight) at ploughing and at pF 2.0.

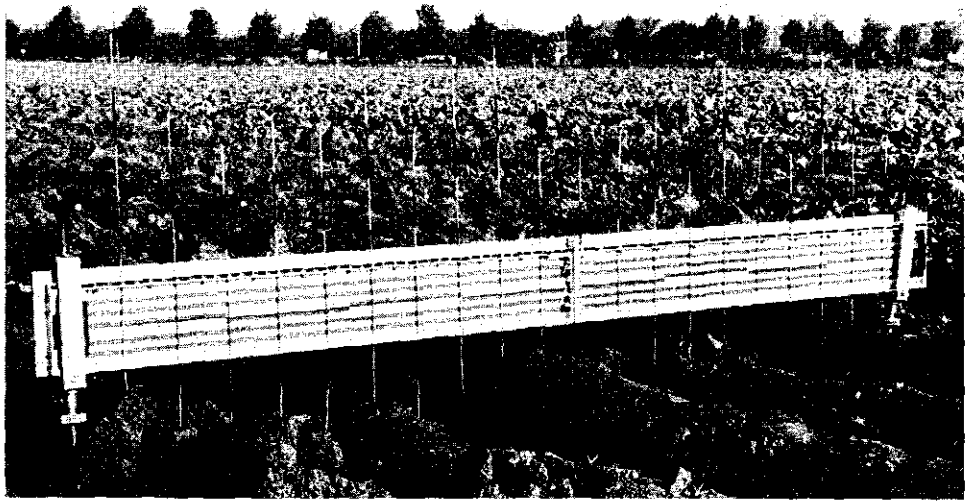
Slootdorp	najaar	1959	-0,9
	najaar	1961	-0,5
Westmaas	najaar	1960	-0,9
	najaar	1961	-0,5
Odoorn	najaar	1961, strook 1 + 2	-0,7
	najaar	1961, strook 3 + 4	+1,1
	najaar	1962	-2,1
Wijnandsrade	najaar	1962	-2,6
	voorjaar	1963	-0,5
	najaar	1964	-1,6
	voorjaar	1965	-0,7
Randwijk	najaar	1963	+0,1
Kloosterburen	najaar	1964	+1,1

Het luchtgehalte van de grond bij pF 2,0 bedroeg op de zavel-, klei- en lössgronden veelal slechts ca. 10 vol. %, hetgeen wil zeggen, dat de grond zich bij het ploegen doorgaans in een betrekkelijk dichte toestand bevond. Op zandgrond en in gestoppelde lagen was het luchtgehalte bij pF 2,0 veel hoger; van een dichte toestand kon hier dan ook niet worden gesproken.

## 5.2 DE RUWHEID

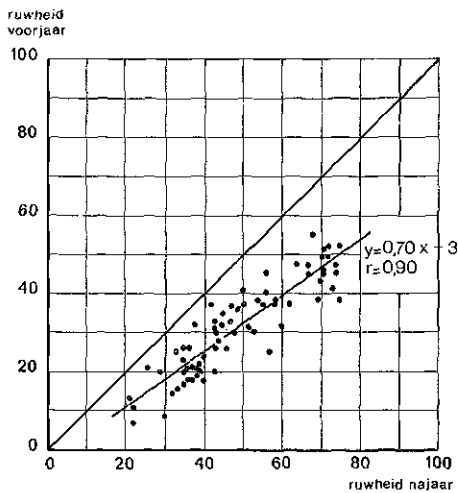
### 5.2.1. Inleiding

Door het ploegen verandert het doorgaans tamelijk vlakke oppervlak van de grond in een meer of minder onregelmatig, ruw oppervlak. De mate van onregelmatigheid of ruwheid kan worden bepaald met een reliëfmeter (afb. 25). Hiermee wordt op een groot aantal plaatsen de hoogte van 20, 10 cm van elkaar verwijderde punten van het oppervlak ten opzichte van een horizontale lijn in cm gemeten. Uit de spreiding van de hoogtecijfers om hun gemiddelde wordt het ruwheidscijfer R berekend. Dit varieert in de praktijk tussen 0 en 100 eenheden; een verschil van 5 eenheden is doorgaans statistisch betrouwbaar (Kuipers, 3).



Afb. 25 De reliëfmeter.

Fig. 25 Reliefmeter.



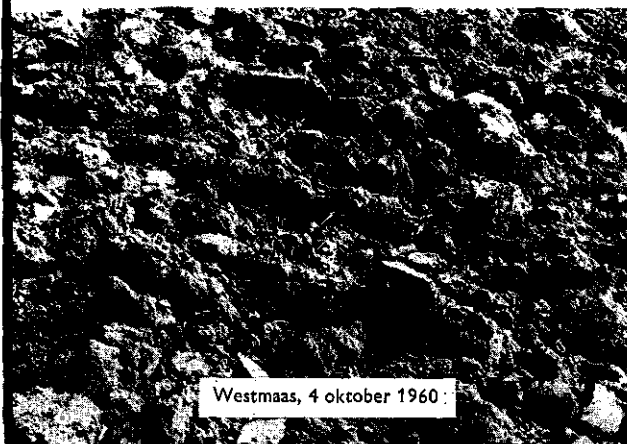
Afb. 26

Verband tussen de ruwheid in het najaar en in het voorjaar.

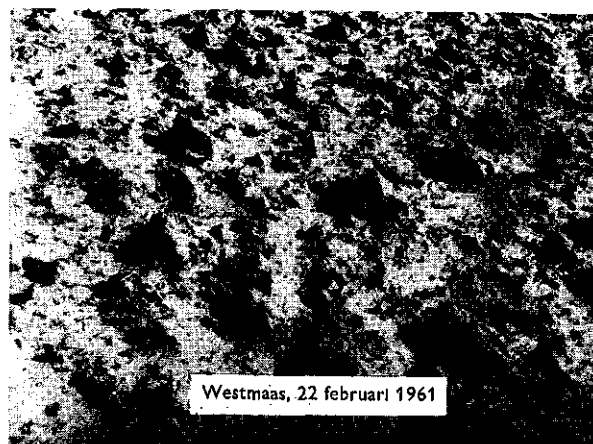
Fig. 26

Relation between roughness in autumn and in spring.

De ruwheid van het geploegde oppervlak neemt in de loop van de herfst en de winter door weersinvloeden af en is vlak vóór de voorjaarsbewerking 10 à 20 eenheden lager dan direct na het ploegen (afb. 26). De grootte van deze afneming kan intussen sterk variëren, daar zij bovendien afhankelijk is van de aard van de grond (zwaarte, humusgehalte e.d.) en de toestand waarin de grond bij het ploegen wordt neergelegd (fijn verkruimeld of grof verbrokkeld). In de loop van de winter zal dus niet alleen het gehele niveau van de ruwheid dalen, ook de onderlinge verschillen tussen verschillend bewerkte stroken zullen zich kunnen wijzigen (afb. 27). In natte winters en/of bij natte



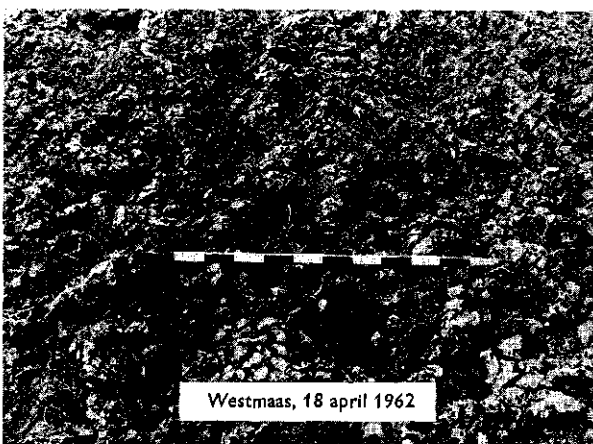
Westmaas, 4 oktober 1960:



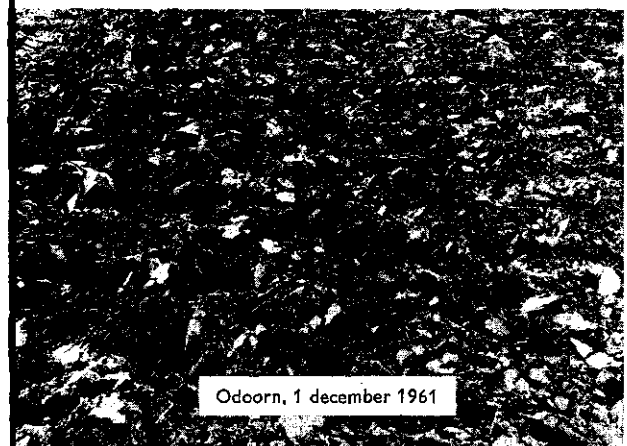
Westmaas, 22 februari 1961



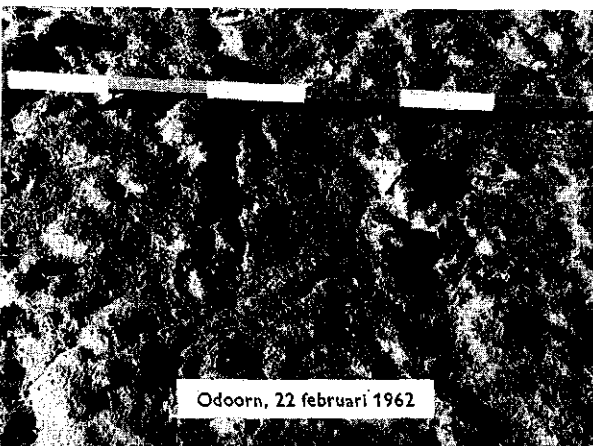
Westmaas, 26 oktober 1961



Westmaas, 18 april 1962



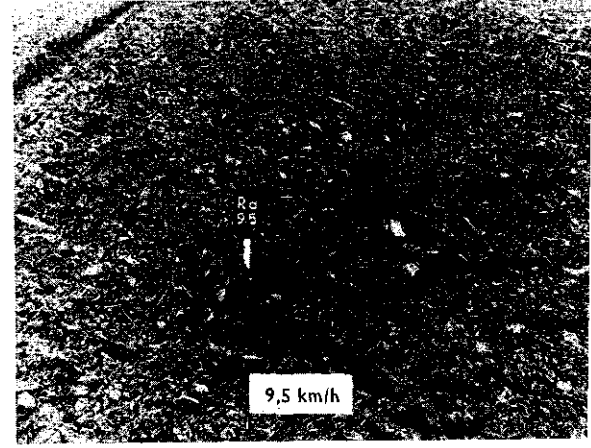
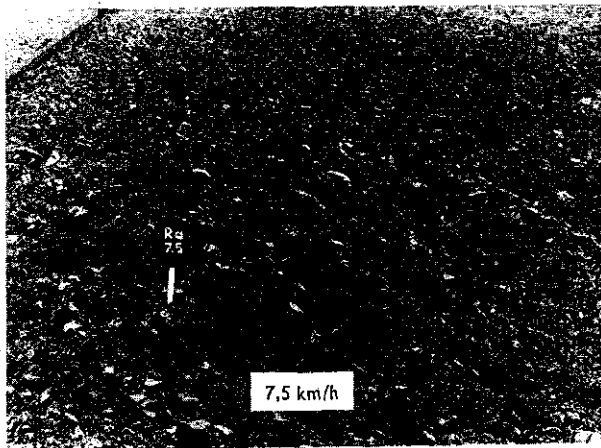
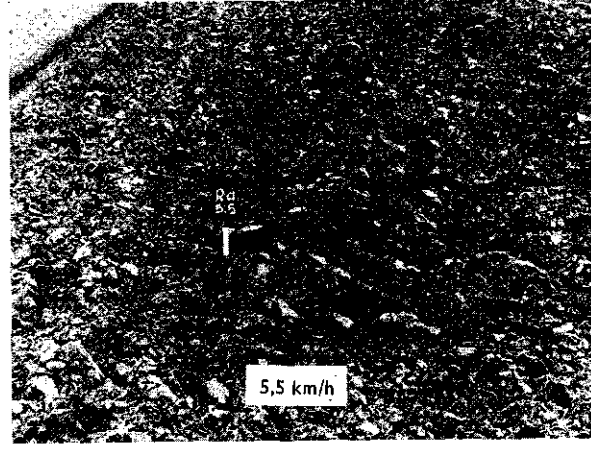
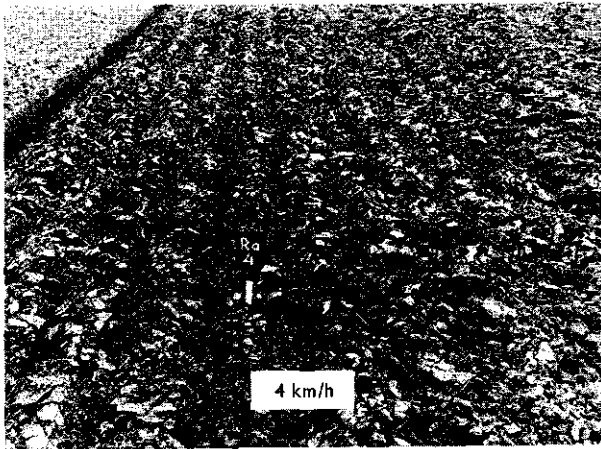
Odoorn, 1 december 1961



Odoorn, 22 februari 1962

Afb. 27 De afneming van de ruwheid gedurende de winter (rister DM 25K).

Fig. 27. Decrease in roughness during winter (mouldboard DM 25K).



Afb. 28 Geleidelijke afneming van de ruwheid.  
 Fig. 28 Gradual decrease in roughness.

opdooi zal de afneming sterker zijn dan in droge winters en/of bij droge opdooi. Wanneer direct na het ploegen veel regen valt, kan de ruwheid daardoor reeds zo sterk dalen, dat deze in de rest van de winter niet meer verandert. Dit alles wijst erop, dat de ruwheid direct na het ploegen betrekking heeft op een min of meer labiele toestand. Als karakteristiek voor het geleverde werk is de direct na het ploegen gemeten ruwheid daar niet minder om, integendeel, de vergelijking van deze ruwheid met die in het voorjaar kan waardevolle inlichtingen verschaffen over de stabiliteit van het bij het ploegen verkregen materiaal.

De praktische landbouwer stelt uiteraard het meest belang in de ruwheid in het voorjaar, omdat dit de uitgangstoestand is voor het klaarmaken van het zaaibed. Het is daarom een belangrijke vraag, welke verschillen in ruwheid in het voorjaar essentieel zijn. Bij de huidige stand van het onderzoek kan hier nog geen exact antwoord op worden gegeven. Het is echter wel duidelijk dat de in het voorjaar optredende verschillen



in ruwheid op gemakkelijk bewerkbare grond minder van betekenis zullen zijn dan op moeilijk bewerkbare grond. Een statistisch betrouwbaar verschil in ruwheid (5 eenheden) zal daarom landbouwkundig lang niet altijd interessant behoeven te zijn.

De basis voor de waardering van verschillen in ruwheid zal uiteindelijk de relatie tussen de ruwheid van de wintervoor en de kwaliteit van het zaaibed moeten zijn. Kwantitatieve gegevens over de aard van deze relatie zijn echter nog schaars. Bovendien is het moeilijk de kwaliteit van een zaaibed te beoordelen zolang niet meer bekend is over de sterk uiteenlopende eisen die de verschillende gewassen aan de ruimtelijke opbouw van het zaaibed stellen.

Het onderzoek in deze wordt bemoeilijkt door het feit dat in genoemde samenhangen de aard van de grond, de topografie en het klimaat een grote rol spelen. Zoals bekend kunnen deze factoren van plaats tot plaats sterk verschillen. Bij de waardering van verschillen in ruwheid, zowel t.a.v. de „overwinteringskansen” van de wintervoor als t.a.v. de kwaliteit van de wintervoor als uitgangstoestand voor het klaarmaken van het zaaibed, zal daarom de grote ervaring met de lokale eigenaardigheden van grond en klimaat van deskundige landbouwers en voorlichters voorlopig niet kunnen worden gemist.

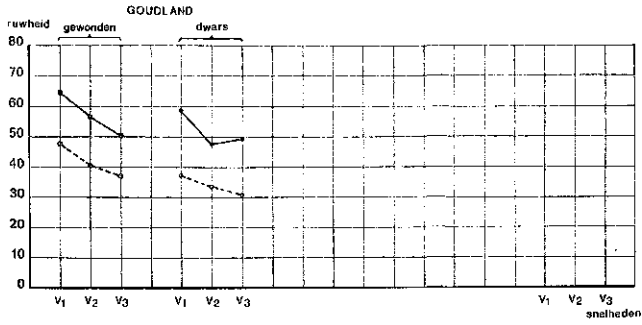
### *5.2.2. De invloed van de ploegsnelheid*

Bij het toenemen van de snelheid waarmee wordt geploegd, wordt de grond meestal fijner verkruid en over een grotere afstand verplaatst, zowel in voorwaartse als in zijwaartse richting. Bij verhogen van de snelheid ziet men daarom als spoedig de voren verdwijnen en een min of meer vlak oppervlak ontstaan (afb. 28). Het ruwheidscijfer blijkt dan ook in het algemeen kleiner te worden met toenemende snelheid (afb. 29, 30, 31). Bij een gelijke toeneming van de snelheid is de afneming van de ruwheid op lichte grond sterker dan op zware grond, wat erop wijst dat lichte grond gevoeliger is voor snelheidsveranderingen bij het ploegen dan zware.

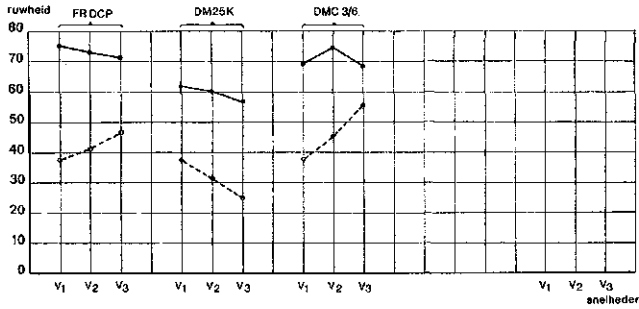
Op dit algemene patroon blijken tal van uitzonderingen voor te komen, bijv. in die zin, dat van zekere snelheid af de ruwheid niet verder afneemt of zelfs toeneemt, terwijl het visuele waarderingscijfer gestadig blijft dalen. Het bleek, dat in deze gevallen op lichte grond sprake was van een sterk sorterend effect (afb. 32). Met het toenemen van de snelheid wordt de grond als geheel dus inderdaad steeds fijner verkruid, waardoor het oppervlak steeds vlakker wordt, maar de (weinig) grove kluiten worden bovenop het oppervlak gedeponerd. Dit betrekkelijk geringe aantal grove kluiten heeft op de visuele waardering vrijwel geen invloed. De onregelmatigheid van het oppervlak neemt er echter door toe, wat tot uiting komt in een toeneming van de gemeten ruwheid. De ruwheid heeft in deze gevallen in het voorjaar ongeveer hetzelfde verloop met de snelheid als in de herfst; dit wijst er op dat de grote kluiten tamelijk stabiel moeten zijn (Kloosterburen: 111 1964, O1110; Odoorn: DMC  $\frac{3}{6}$ , BW7G).

Wanneer op zware grond van zekere snelheid af de ruwheid gelijk blijft of toeneemt, wijst dit meestal op onvolkomen worden van de kering, d.w.z. dat de ploegsneden op hun kant worden gezet (afb. 33). Soms speelt echter ook hier het sterk sorterend effect een rol. Op zware grond is het verloop van de ruwheid met de snelheid in het voorjaar meestal tegengesteld aan dat in het najaar, hetgeen wil zeggen, dat de ruwheid op de met hogere snelheid geploegde stroken in het voorjaar relatief lager is dan in de herfst. Hier zouden we dus in de herfst van een schijnruwheid moeten spreken (Westmaas: P; Slootdorp: Goudland dwars).

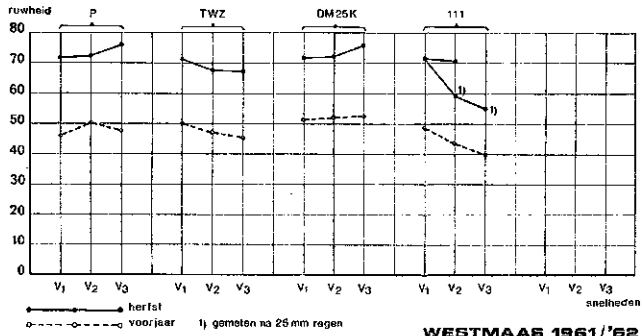
Zowel op zware als op lichte grond doet zich nog een ander verschijnsel voor, nl. dat van de schijnvlakheid. Van zekere snelheid af wordt bij sommige risters en/of bepaalde



SLOOTCORP 1959/'60



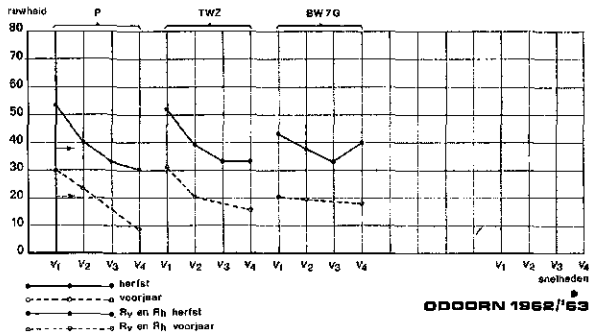
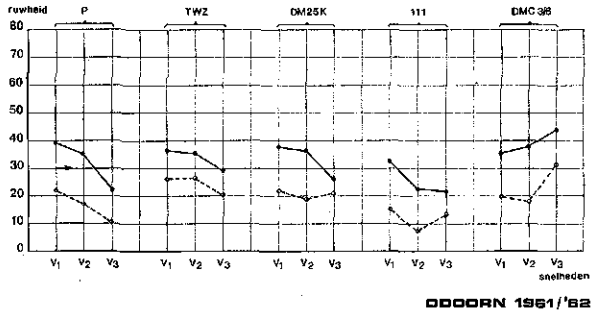
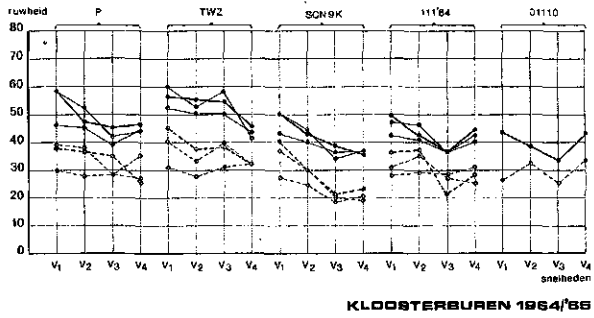
WESTMAAS 1980/'81



WESTMAAS 1961/'62

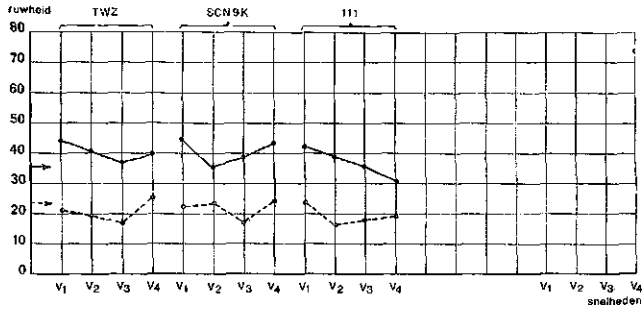
Afb. 29  
Invloed van de ploegsnelheid op de ruwheid van kleigrond.

Fig. 29  
Influence of ploughing speed on roughness of clay soil.

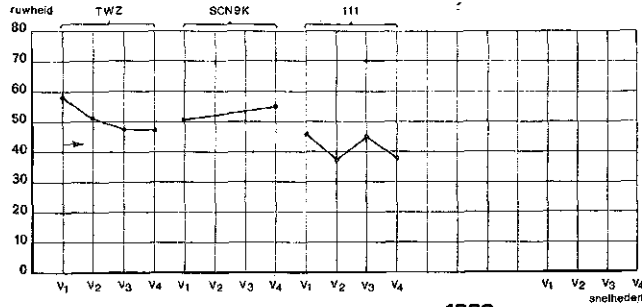


Afb. 30  
Invloed van de ploegsnelheid  
op de ruwheid van zand- en  
zavelgrond.

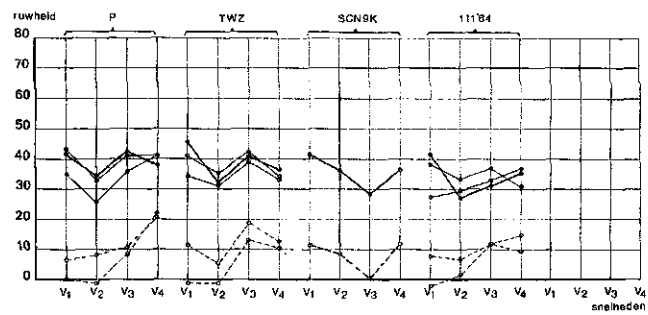
Fig. 30  
Influence of ploughing speed  
on roughness of sand- and  
sandy loam soil.



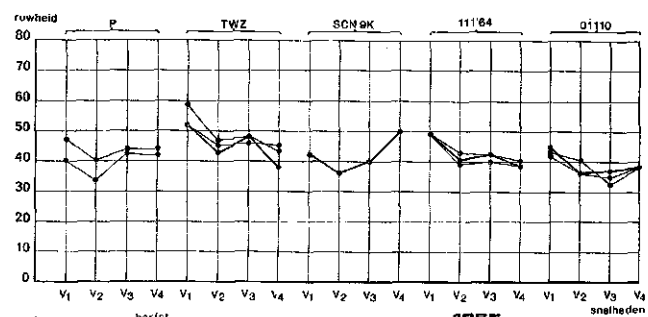
WIJANDSRADE 1962/63



1963  
WIJANDSRADE voorjaarsploegen



WIJANDSRADE 1964/65



1965  
WIJANDSRADE voorjaarsploegen

—●— herfst  
 - - -□- - - voorjaar  
 —●— R<sub>v</sub> en R<sub>h</sub> herfst  
 - - -□- - - R<sub>v</sub> en R<sub>h</sub> voorjaar

Afb. 31  
Invloed van de ploegsnelheid op de ruwheid van lössgrond.

Fig. 31  
Influence of ploughing speed on roughness of löss soil.



Afb. 32 Sorterend effect.

Fig. 32 Sorting effect.



Afb. 33 Onvolkomen kering.

Fig. 33 Imperfectly turned furrow slices.



Afb. 34  
Schijnvlakheid.

Fig. 34  
*Apparent flatness.*

omstandigheden losse, fijn verkruimelde grond over het geploegde land gespoten (afb. 34). Het oppervlak wordt daardoor vlakker. In de winter spoelt het fijne materiaal naar beneden en komt het eronder liggende, grove materiaal aan de oppervlakte. In het voorjaar worden dan op de met hogere snelheden geploegde veldjes relatief hogere ruwheidscijfers gevonden dan in de herfst. De vermindering van de ruwheid gedurende de winter is in deze gevallen dus relatief klein (Westmaas: DMC  $\frac{3}{8}$ ; Odoorn: DM-25K).

Bij toeneming van de snelheid neemt de ruwheid dus in het algemeen af, op lichtere gronden sterker dan op zware. Afwijkingen hiervan kunnen optreden door sterke sortering of onvolkomen kering (de ruwheid neemt toe) en door spuiten van fijn materiaal over het geploegde oppervlak (de ruwheid neemt in versterkte mate af).

Om een beter inzicht te krijgen in de veranderingen van de configuratie van het oppervlak met toeneming van de snelheid, werd in 1964 en 1965 de ruwheid niet alleen, zoals gebruikelijk, in een richting dwars op de ploegvoren gemeten (Rv), maar bovendien in een richting evenwijdig aan de ploegvoren (Rh). Hierbij bleek, dat Rv meestal

aanvankelijk groter is dan Rh, maar sterker afneemt, zodat Rv en Rh bij een bepaalde snelheid aan elkaar gelijk worden of in ieder geval niet noemenswaardig meer verschillen. Wanneer dit het geval is, zijn er geen voren meer te onderscheiden; een groot verschil tussen Rv en Rh duidt op geprononceerde voren. Voorts bleek de toeneming van de ruwheid door sterke sortering inderdaad zowel in Rv als in Rh tot uiting te komen (Kloosterburen, Wijnandsrade).

### 5.2.3. De invloed van het ristertype <sup>1)</sup>

Zoals reeds werd opgemerkt, blijkt uit de afbeeldingen 29, 30 en 31 dat de invloed van de snelheid op de ruwheid afhankelijk is van de grondsoort. Bovendien blijkt deze invloed in de verschillende jaren niet gelijk te zijn. Vergelijking van het door de verschillende risters geleverde werk zal daarom steeds per proefveld en per jaar moeten geschieden.

Op *zandgrond* te Odoorn gaven de schietende risters P en TWZ bij verhoging van de snelheid een daling van de ruwheid te zien, zowel in de herfst als in het voorjaar. De risters DM 25K en 111 (resp. matig schroefvormig, matig dwars en matig cilindrisch, matig schietend) gaven in de herfst eveneens een daling te zien. Bij snelheid  $v_3$  is er echter sprake van schijnvlakheid. De dwarse en steile risters DMC  $\frac{3}{6}$  en BW7G gaven zowel in de herfst als in het voorjaar een toeneming van de ruwheid bij hogere snelheden te zien (sorterend effect).

Daar de praktijk ruwheden beneden ca. 35 als onvoldoende kwalificeerde, kan worden gesteld, dat alle risters, behalve de 111, bij de snelheden  $v_1$  en  $v_2$  aanvaardbaar werk hebben geleverd en dat snelheid  $v_3$  te hoog is. Het rister 111 gaf bij alle snelheden een te lage ruwheid. Hoewel de verschillen in ruwheid in het voorjaar tamelijk groot waren, is het niet aannemelijk, dat dit op deze zandgrond verschillen in kwaliteit van het zaaibed tengevolge zal hebben gehad.

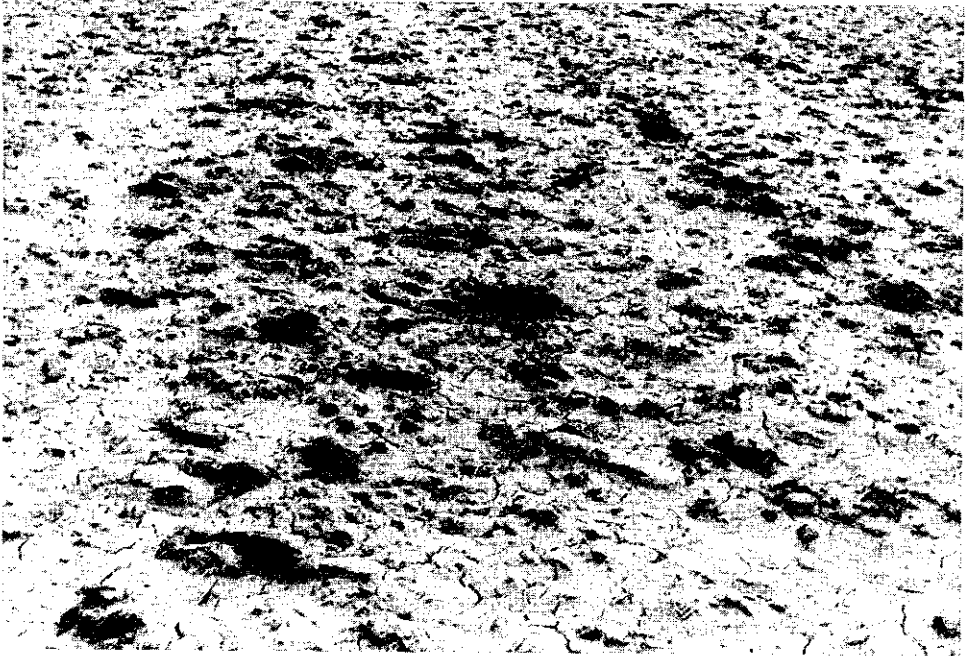
Op de *zeer lichte zavel* te Kloosterburen nam de ruwheid bij alle meer gewonden risters met toenemende snelheid af. Bij de SCN9K was de afneming vrijwel rechtlijnig, bij de P aanvankelijk sterk, na snelheid  $v_3$  zeer gering en bij de TWZ aanvankelijk zeer gering, om pas bij snelheid  $v_4$  te dalen tot het niveau van de P bij die snelheid. De matig schietende O1110 en 111 1964 gaven aanvankelijk een daling, maar bij de hoogste snelheid weer een toeneming van de ruwheid te zien (sorterend effect). Tijdens een visuele beoordeling door een aantal deskundigen werd alleen het werk van de P ( $v_1$ ,  $v_2$ ), de TWZ ( $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_3$ ) en de SCN9K ( $v_1$ ) aanvaardbaar geacht.

Hoewel de ruwheid in de loop van de winter overal sterk was afgenomen, waren de verschillen in het voorjaar in grote lijnen nog aanwezig. Aanvaardbaar werd de toestand geacht bij de P ( $v_1$ ,  $v_2$ ), de TWZ ( $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_3$ ), de SCN9K ( $v_1$ ) en de 111 1964 ( $v_1$ ,  $v_2$ ); de overige stroken waren te zeer verslemt. Uit de ruwheid in het voorjaar blijkt, dat de P en vooral de TWZ weinig gevoelig zijn voor verhogen van de snelheid.

Op *löss* te Wijnandsrade nam de ruwheid bij de TWZ, de P en de SCN9K aanvankelijk af, om daarna weer toe te nemen. In 1964/1965 werd deze toeneming bij de eerstgenoemde twee risters nog weer gevolgd door een geringe daling. De 111 liet in de herfst 1962 een gestadige daling van de ruwheid zien. Gezien de situatie na de winter betrof het hier bij de hogere snelheden een schijnvlakheid. De 111 1964 gaf direct in de herfst reeds dit beeld: aanvankelijk een sterke daling, daarna weer een toeneming.

Bij het ploegen in het voorjaar van 1963 gaf de 111 ongeveer dezelfde resultaten als

<sup>1)</sup> Voor de verklaring van de gebruikte code voor de snelheid wordt verwezen naar bijlage 4.



Afb. 35 In de herfst met hoge snelheid geploegde, zeer lichte zavel, gefotografeerd in het voorjaar.

*Fig. 35 In autumn at high speed ploughed sandy loam, photographed in spring.*

de risters P en TWZ in herfst 1964. De toeneming van de ruwheid van snelheid  $v_1$  naar snelheid  $v_4$ , die voorjaar 1963 bij de SCN9K werd gevonden, berust op een wat meer uitgesproken sorterend effect dan in de herfst 1964. Bij de TWZ tenslotte werd een geleidelijk afnemende daling van de ruwheid gevonden.

Bij het ploegen in het voorjaar van 1965 was de reactie op het verhogen van de snelheid ongeveer gelijk aan die in herfst 1964. Het is opvallend, dat de SCN9K evenals dit in het voorjaar van 1963 het geval was, een toeneming van de ruwheid van snelheid  $v_1$  naar snelheid  $v_4$  te zien gaf. De bij het ploegen in het voorjaar verkregen ruwheid was in het algemeen 5 à 10 eenheden hoger dan bij het ploegen in de herfst. De oorzaak hiervan zal moeten worden gezocht in het hogere vochtgehalte in het voorjaar. In het voorjaar van 1965 was de winter voor totaal verslemt (afb. 35), wat in de ruwheidscijfers tot uiting komt. Met horizontale pijltjes is in afb. 30 en 31 aangegeven, waar de praktijk de grens tussen aanvaardbaar en onvaardbaar werk legde.

Op zware zavel en lichte klei te Westmaas waren de reacties op snelheidsveranderingen, evenals de verschillen tussen de risters, in beide jaren bijzonder klein. De met de risters FRDCP en DMC  $\frac{3}{6}$  in 1960 verkregen resultaten zijn niet representatief voor deze risters, daar het ploegtraam, waar de risters aan bevestigd waren, op dat ogenblik nog in ontwikkeling was. Bovendien heeft de voorschaar, die hier gebruikt moest worden, nogal gespoten, zoals blijkt uit de schijnvlakheid bij snelheid  $v_3$ . De resultaten, die bij de snelheden  $v_2$  en  $v_3$  met de 111 werden verkregen (Westmaas 1961), moeten eveneens buiten beschouwing worden gelaten, daar de metingen op de desbetreffende stroken plaatsvonden nadat het 25 mm had geregend.



Op de *zware zavel* te Slootdorp gaf Goudland gewonden een geleidelijke daling van de ruwheid met toenemende snelheid. Bij Goudland dwars nam de ruwheid bij de hoogste snelheid weer toe (schijnruwheid). Bij alle snelheden gaf het dwarse rister een lagere ruwheid dan het gewonden rister.

Uit de ruwheidsmetingen blijkt, dat er op *zandgrond* bij de lagere snelheden doorgaans weinig verschil in ruwheid was tussen de met verschillende risters geploegde veldjes. Bij de meer gewonden risters nam de ruwheid met toenemende snelheid geleidelijk af. Bij de meer cilindrische risters nam de ruwheid meestal af of bleef gelijk, maar nam bij de hoogste snelheid meestal weer toe door sterke sortering van het grove materiaal. De meeste risters leverden bij de snelheden  $v_1$  en  $v_2$  aanvaardbaar werk, terwijl de snelheden  $v_3$  en  $v_4$  in het algemeen te hoog waren. De TWZ gaf echter ook bij snelheid  $v_3$  nog redelijk werk te zien.

Op *zeer lichte zavel* was de reactie op verhoging van de snelheid ongeveer gelijk aan die op zandgrond, hoewel minder sterk. Op deze grondsoort werd bij ploegen met de meer cilindrische risters reeds bij de lagere snelheden een lagere ruwheid verkregen dan met de meer schietende. Bij ploegen met deze laatste risters nam bij verhoging van de snelheid de ruwheid geleidelijk af. Bij de meer cilindrische risters was dit aanvankelijk ook het geval, maar bij de hogere snelheden nam de ruwheid hier weer toe (sorterend effect). Een hogere snelheid dan  $v_2$  werd in het algemeen niet verantwoord geacht.

Op *löss* was er bij de lagere snelheden in het algemeen weinig verschil tussen het met de verschillende risters geleverde werk. De reactie op verhoging van de snelheid was tamelijk onregelmatig. Bij alle risters daalde de ruwheid bij verhoging van de snelheid van  $v_1$  tot  $v_2$ . Bij verdere verhoging van de snelheid nam de ruwheid bij alle risters weer toe, soms bij snelheid  $v_3$ , soms pas bij snelheid  $v_4$ . Bij sommige risters werd deze toeneming van de ruwheid nog weer gevolgd door een daling. Vermoedelijk zijn hier zowel onvolkomen kering en sterke sortering (ruwheid neemt toe), als spuiten van fijn materiaal (ruwheid neemt af) in het spel. In het algemeen werd het bij de snelheden  $v_3$  en  $v_4$  geleverde werk hier als onvoldoende gekwalificeerd.

Op *zware zavel* en *lichte klei* te Westmaas was de reactie op verhoging van de snelheid zeer gering, op de *zware zavel* te Slootdorp sterker. Een gewonden rister gaf op dit laatste proefveld een geleidelijke daling van de ruwheid, een dwars rister gaf eveneens een daling, maar bij snelheid  $v_3$  weer een stijging. Op de met het dwarse rister geploegde stroken was de ruwheid bij alle snelheden lager dan op de met het gewonden rister geploegde stroken.

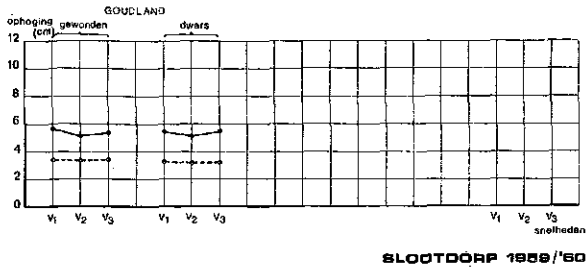
Uit de metingen blijkt dus, dat voor het snelploegen gewonden, schietende risters de voorkeur verdienen. Ook met deze risters worden echter slechts dan aanvaardbare resultaten verkregen (speciaal op lichte grond) wanneer de ploegsnelheid niet groter wordt dan 6 à 7 km/h.

### 5.3. DE OPHOGING

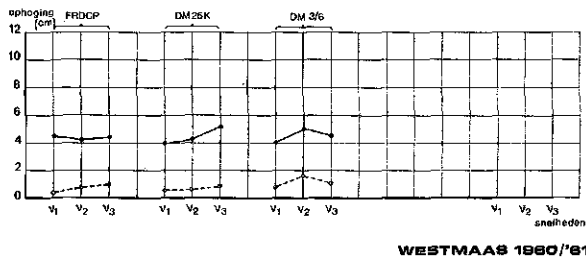
#### 5.3.1. Inleiding

Bij het ploegen wordt de grond losgemaakt en over een groter volume verdeeld. Als gevolg hiervan ligt de oppervlakte van de grond na het ploegen hoger dan ervoor. Dit verschil in hoogteligging wordt ophoging genoemd.

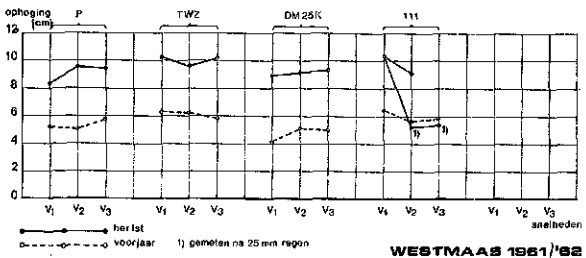
De ophoging wordt bepaald door vóór en na de bewerking met een reliëfmeter de hoogteligging van het maaiveld te meten t.o.v. beneden de ploegdiepte aangebrachte vaste hoogtemerken (Kuipers en Van Ouwerkerk, 4). De betrouwbaarheid van het



**SLOOTDORP 1959/60**



**WESTMAAS 1960/61**



**WESTMAAS 1961/62**

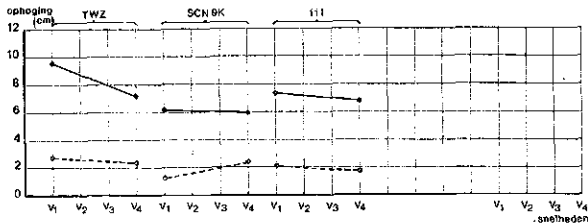
Afb. 36  
Invloed van de ploegsnelheid op de ophoging van kleigrond.

Fig. 36  
Influence of ploughing speed on upheaval of clay soil.

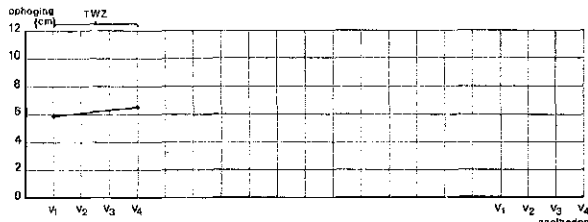
ophogingscijfer is afhankelijk van de ruwheid van het oppervlak. Wanneer de ruwheid, zoals in deze proeven, beneden 75 eenheden blijft, mag men aannemen dat een verschil in ophoging van 0,5 cm doorgaans voldoende betrouwbaar kan worden bepaald.

Uit afb. 36 en 37 blijkt, dat de ophoging doorgaans weinig afhankelijk is van de snelheid of althans, dat er meestal weinig lijn valt te ontdekken in de verandering van de ophoging met de snelheid. De gemiddelde ophoging, die met de verschillende risters werd verkregen, vertoont nog wel eens verschillen. Soms hangen deze verschillen samen met de weersomstandigheden tijdens of vlak na het ploegen.

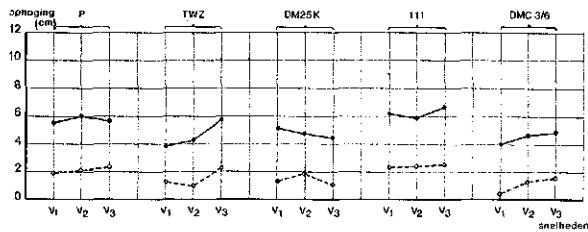
In Westmaas 1961 viel, direct nadat het ploegen met de 111 met de snelheden v<sub>2</sub> en v<sub>3</sub> beëindigd was, 25 mm regen. Een gedeelte van de ophogingsmeting kon op het veldje, dat met snelheid v<sub>2</sub> was geploegd, nog vóór de regen worden uitgevoerd. De ophoging bleek toen 9,0 cm te bedragen. Na afloop van de regen werden de metingen voortgezet. Hierbij bleek, dat de ophoging hier reeds was gedaald tot het niveau, dat op de andere veldjes pas aan het einde van de winter werd bereikt (ca. 5 cm). Bij het ploegen met snelheid v<sub>1</sub>, dat na de regen plaatsvond, werd voor de ophoging weer een waarde ge-



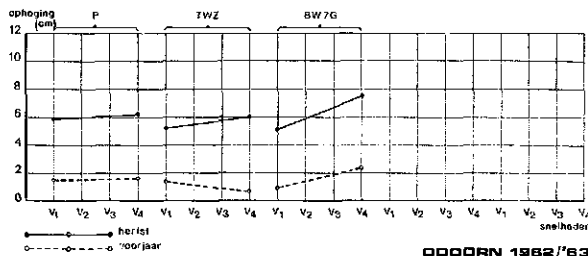
WIJANDBRADE 1982/83



1983  
WIJANDBRADE voorjaarploegen



ODOORN 1981/82



ODOORN 1982/83

Afb. 37  
Invloed van de ploegsnelheid op de ophoging van zand- en lössgrond.

Fig. 37  
Influence of ploughing speed on upheaval of sand- and löss soil.

vonden (ca. 10 cm), die ongeveer overeenkomt met die, welke bij de andere risters werd gevonden.

In Odoorn werd bij het ploegen, met de P en de 111 een grotere ophoging gevonden (ca. 6 cm) dan bij het ploegen met de overige risters (ca. 4,5 cm). Vermoedelijk hangt dit samen met het feit, dat na het ploegen met eerstgenoemde risters ruim 25 mm regen viel, waardoor het vochtgehalte van de grond steeg van 22,7 tot 24,7 gew. % (vochtgehalte bij pF 2,0: 23,5 gew. %). Bij het ploegen van een natte zandgrond zal een minder luchtig geheel ontstaan dan bij een droge; de ophoging zal in het eerste geval dus ook kleiner zijn. Overigens moet hier worden opgemerkt dat op de stroken die met de P en de 111 waren geploegd, het poriënvolume gem. 49,6 vol. % bedroeg, terwijl het op de overige stroken slechts gem. 45,6 vol. % was. Het is niet onmogelijk, dat dit verschil in dichtheid van de grond de grootte van de ophoging mede heeft beïnvloed.

De ophoging was meestal kleiner dan 10 cm. De cijfers krijgen meer reliëf, wanneer ze worden uitgedrukt in procenten van de ploegdiepte.

Tabel 5 Ophoging in procenten van de ploegdiepte.

Table 5 Upheaval in percentage of ploughing depth.

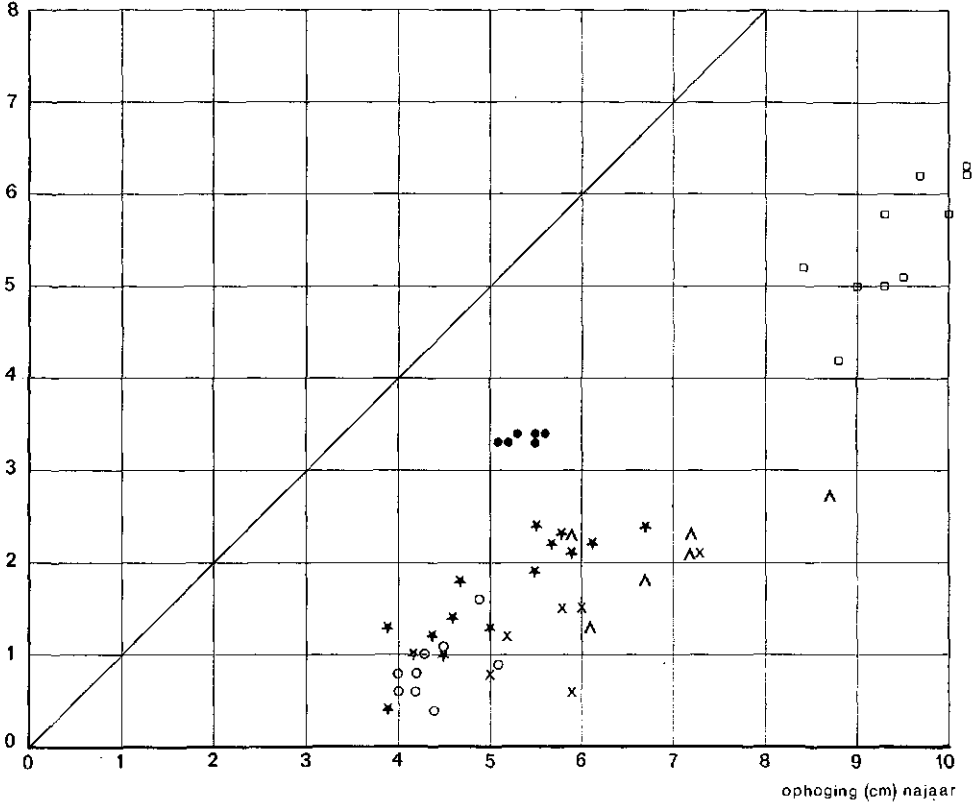
Proefveld <i>plot</i>	Ploegdiepte (cm) <i>ploughing depth (cm)</i>	Ophoging <i>upheaval</i>	
		%	cm
Slootdorp 1959 . . . . .	21,0	5,4	26
Westmaas 1960 . . . . .	23,0	4,4	19
Westmaas 1961 . . . . .	28,0	9,5	34
Odoorn 1961 . . . . .	18,5	5,1	28
Odoorn 1962 . . . . .	19,0	5,9	31
Wijnandsrade 1962 . . . . .	23,0	7,0	30

Uit tabel 5 blijkt, dat de ophoging meestal 25 à 30 % van de ploegdiepte bedroeg. In Westmaas werd in 1960 een relatief kleine, in 1961 een relatief grote ophoging verkregen. Oorzaak hiervan zal vermoedelijk zijn, dat in 1960 een diep gecultiverde akker werd geploegd, terwijl in 1961 een akker met een zwaar gewas hopperupsklaver werd geploegd. Het is dan wel te verwachten, dat de akker, die het meest los en verkruid was, de kleinste ophoging zal geven.

Door het losmakende effect van het ploegen, neemt het poriënvolume toe. De mate waarin dit gebeurt hangt niet alleen af van de ophoging, maar tevens van het poriënvolume voor het ploegen en van de ploegdiepte. Voor een reeks van poriënvolumina en voor de meest gebruikelijke ploegdiepten komt een verschil in ophoging van 1 cm overeen met een verschil in totaal poriënvolume van 2 à 3 vol. %.

Daar een verschil in poriënvolume van 1 vol. % meestal overeenkomt met een verschil van 2 à 2,5 vol. % lucht bij pF 2,0, kan een verschil in ophoging van 1 cm dus een aanzienlijk verschil in luchtgehalte bij pF 2,0 betekenen. Of een verschil in luchtgehalte belangrijk is, hangt af van het niveau van het luchtgehalte. Ligt dit lager dan het voor een goede plantengroei op de desbetreffende grond minimaal vereiste luchtgehalte (zware klei 12 vol. %; lichte klei en zavel 15 vol. %; zand 20 vol. %) (Boekel, 1), dan zal een stijging van het luchtgehalte, hoe gering ook, van groot belang zijn. Ligt het niveau van het luchtgehalte tamelijk ver boven de minimumwaarde, dan zal een stijging weinig voordeel of zelfs schade kunnen brengen. Het luchtgehalte bij pF 2,0 vóór het

ophoging (cm) voorjaar



- Slootdorp 1959 / 60
- Westmaas 1960 / 61
- Westmaas 1961 / 62
- \* Odoorn 1961 / 62
- x Odoorn 1962 / 63
- A Wijnandsrade 1962 / 63

Afb. 38 Verband tussen de ophoging in het najaar en in het voorjaar.

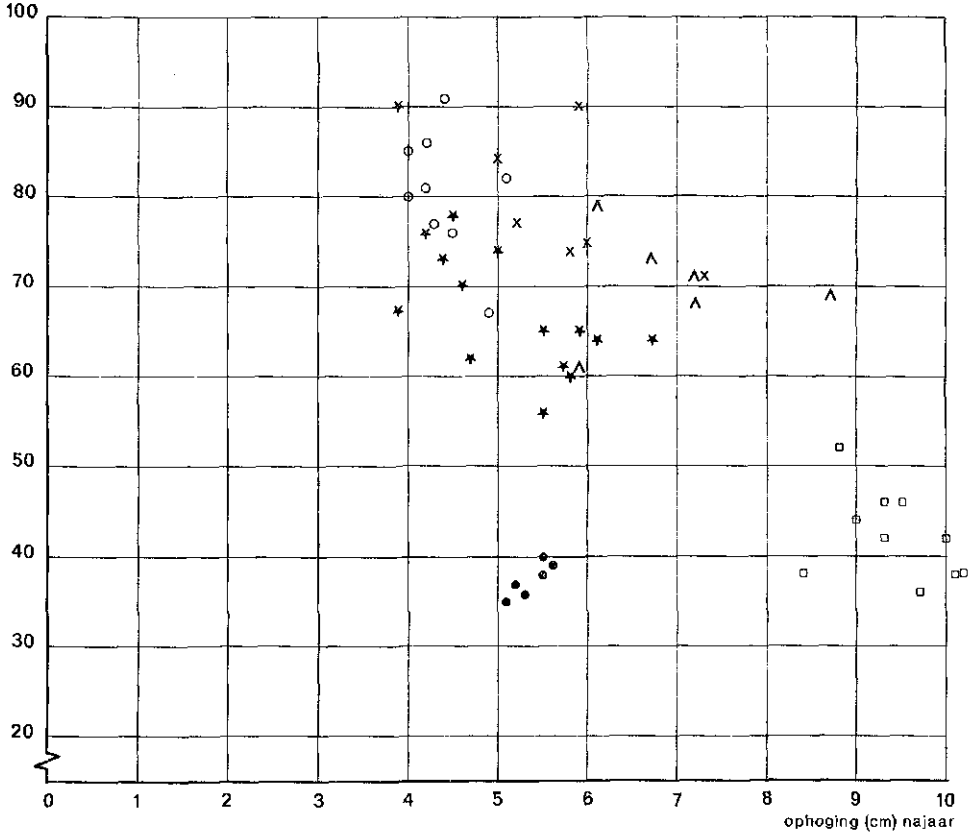
Fig. 38 Relation between upheaval in autumn and in spring.

ploegen ligt alleen in Wijnandsrade boven het minimaal vereiste gehalte (zie bijlage 2). Een verschil in ophoging zal dus op vrijwel alle proefvelden van belang zijn.

De ophoging, die in de herfst wordt verkregen, is een belangrijke karakteristiek voor het door de verschillende risters bij verschillende snelheden geleverde werk. Landbouwkundig is de grootte van de in de herfst verkregen ophoging niet van direct belang en gaat het meer om wat er in het voorjaar nog van de ophoging over is. In de loop van de winter neemt de ophoging nl., evenals de ruwheid, door weersinvloeden af (Kuipers en Van Ouwerkerk, 5).

De daling van de ophoging gedurende de winter wordt gedemonstreerd in afbeelding 38 en 39. Het blijkt dat zich daarbij tussen de grondsoorten en tussen de jaren aanzienlijke verschillen voordoen. Op zand en löss is de relatieve afneming groter dan op zware zavel en lichte klei. In een natte winter kan echter ook op zware zavel de relatieve afneming zeer groot zijn (Westmaas 1960/1961).

afnemng (% van  
ophoging najaar)



- Slootdorp 1959 / 60
- Westmaas 1960 / 61
- ◻ Westmaas 1961 / 62
- \* Odoorn 1961 / 62
- x Odoorn 1962 / 63
- △ Wijnandsrade 1962 / 63

Afb. 39 Relatieve afnemng van de ophoging gedurende de winter.

Fig. 39 Relative decrease in upheaval during winter.

Uit afb. 39 blijkt, dat de daling relatief kleiner was naarmate de ophoging in de herfst groter was. Het verdient dus aanbeveling in de herfst te streven naar een grote ophoging, omdat er relatief en absoluut meer van behouden blijft dan van een kleine ophoging.

### 5.3.2. De invloed van de ploegsnelheid

Van elk rister werd nagegaan bij welke snelheid de grootste resp. de kleinste ophoging werd verkregen, terwijl tevens de grootte van het verschil tussen de grootste en kleinste ophoging werd bepaald. Voor risters waarbij dit verschil groter was dan 0,5 cm, zijn de resultaten vermeld in tabel 6.

Uit tabel 6 blijkt, dat in gevallen waar de verschillen in ophoging groter zijn dan 0,5 cm, de grootste ophoging het meest voorkomt bij de hogere snelheden, zowel in de

Tabel 6 Grootste ophoging — kleinste ophoging per rister (cm).

Table 6 Maximum minus minimum upheaval (cm).

Proefveld <i>plot</i>	Rister <i>mould-board</i>	Ophoging / <i>upheaval</i>					
		herfst / <i>autumn</i>			voorjaar / <i>spring</i>		
		max. <i>max.</i>	min. <i>min.</i>	verschil <i>difference</i>	max. <i>max.</i>	min. <i>min.</i>	verschil <i>difference</i>
Westmaas 1960	DM 25K	5,1 (v <sub>3</sub> )	4,0 (v <sub>1</sub> )	1,1	0,9 (v <sub>3</sub> )	0,6 (v <sub>1</sub> , v <sub>2</sub> )	0,3
	DMC <sup>3</sup> / <sub>6</sub>	4,9 (v <sub>2</sub> )	4,0 (v <sub>1</sub> )	0,9	1,6 (v <sub>2</sub> )	0,8 (v <sub>1</sub> )	0,8
Westmaas 1961	P	9,5 (v <sub>2</sub> )	8,4 (v <sub>1</sub> )	1,1	5,8 (v <sub>3</sub> )	5,1 (v <sub>2</sub> )	0,7
Odoorn 1961	111	6,7 (v <sub>3</sub> )	5,8 (v <sub>2</sub> )	0,9	2,4 (v <sub>3</sub> )	2,2 (v <sub>1</sub> )	0,2
	TWZ	5,7 (v <sub>3</sub> )	3,9 (v <sub>1</sub> )	1,8	2,2 (v <sub>3</sub> )	1,0 (v <sub>2</sub> )	1,2
	DMC <sup>3</sup> / <sub>6</sub>	4,6 (v <sub>3</sub> )	3,9 (v <sub>1</sub> )	0,7	1,4 (v <sub>3</sub> )	0,4 (v <sub>1</sub> )	1,0
Odoorn 1962 <sup>1)</sup>	BW7G	7,3 (v <sub>4</sub> )	5,0 (v <sub>1</sub> )	2,3	2,1 (v <sub>4</sub> )	0,8 (v <sub>1</sub> )	1,3
Wijnandsrade 1962 <sup>1)</sup>	TWZ	8,7 (v <sub>1</sub> )	7,2 (v <sub>4</sub> )	1,5	2,7 (v <sub>1</sub> )	2,3 (v <sub>4</sub> )	0,4

<sup>1)</sup> De ophoging werd alleen bij de snelheden v<sub>1</sub> en v<sub>4</sub> bepaald.

herfst als in het voorjaar. In drie gevallen zijn de verschillen, die in de herfst aanwezig waren, in het voorjaar zo klein geworden, dat ze binnen de foutengrenzen vallen. Slechts in vijf gevallen waren dus in het voorjaar nog betrouwbare verschillen in ophoging aanwezig. De grootte hiervan schommelde om 1 cm, wat dus neerkomt op 2 à 3 vol. % poriën of 5 à 7,5 vol. % lucht bij pF 2,0.

Daar bij de voorjaarsgrondbewerking meestal de helft van de nog aanwezige ophoging verdwijnt (Kuipers en Van Ouwerkerk, 4) mogen we stellen, aannemende dat de ophoging op alle objecten in gelijke mate daalt, dat de verschillen in ophoging, die na de voorjaarsbewerking nog aanwezig zijn tengevolge van een verschil in snelheid bij het ploegen, maximaal ca. 0,5 cm of 1 à 1,5 vol. % poriën zullen bedragen.

### 5.3.3. De invloed van het rister type

Er werd reeds op gewezen, dat de relatief kleine ophoging, die in 1961 in Odoorn met DM 25K, DMC <sup>3</sup>/<sub>6</sub> en TWZ werd verkregen, moet worden toegeschreven aan het hogere vochtgehalte van de grond bij het ploegen met deze risters. Voor het overige blijkt uit afb. 36 en 37, dat het niveau van de ophoging voor de verschillende risters per proefveld en per jaar bijzonder weinig verschilde. Op grond van de ophogingscijfers kan daarom geen voorkeur voor een bepaald rister type worden uitgesproken.

### 5.4. DE FRACTIEVERDELING VAN DE AGGREGATEN

In het voorjaar van 1963 werd in Wijnandsrade direct na het ploegen de fractieverdeling van de aggregaten vastgesteld door van een bepaalde oppervlakte de grond te zeven en/of de kluiten afzonderlijk te wegen. Hierbij bleek (bijlage 8) dat bij toeneming van de snelheid het gewichtspercentage grote kluiten afnam en het percentage fijn materiaal toenam. Tevens bleek, dat het aantal grote kluiten (> 80 mm c.q. > 2000 g) weliswaar afnam, maar dat het gewicht (en daarmee het volume) ervan toenam. Bij toeneming van de snelheid wordt het gedeelte van de grond, dat intensief wordt verkruid, dus groter, terwijl het resterende gedeelte minder intensief wordt verkruid.

dan bij lage snelheid. Bij toeneming van de snelheid komen er dus minder zeer grote kluiten, maar die er zijn, zijn groter.

De hier vermelde resultaten zijn van dien aard, dat men zich zeker zal afvragen, waarom deze methode niet vaker is toegepast. Het antwoord luidt, dat het meestal niet mogelijk is in pas geploegde grond de fractieverdeling van de aggregaten te bepalen, omdat ze te groot zijn (klei) of te weinig stabiel (zand) om tot zeven of wegen van de afzonderlijke kluiten over te kunnen gaan.



## 6. CONCLUSIES

1. De proefvelden waren doorgaans homogeen, zowel wat betreft de aard van de grond, als de grond : water : lucht-verhouding. Het ploegen vond meestal plaats bij vochtgehalten, die dicht in de buurt lagen van het vochtgehalte bij pF 2,0.
2. De horizontale snijhoek van de schaar ( $\varphi_s$ ) mag voor snelploegristers niet kleiner zijn dan ca.  $40^\circ$ , daar anders de kans bestaat, dat op samenhangende gronden de schaar als een wig gaat werken en de ploegbalk opzij schuift. De verticale oploophoek  $\delta$  aan de landzijde van het rister zal in het algemeen op zwaardere gronden groter moeten zijn dan op lichtere.
3. De horizontale afwerphoek  $\varphi$  aan de vóórzijde moet op zware gronden groter en op lichte gronden kleiner zijn dan dezelfde hoek aan de landzijde, om het contact tussen groundbalk en risteroppervlak tot het eind toe te handhaven. Om dezelfde reden moet het rister van land- naar vóórzijde regelmatig gewonden zijn, schietend staan en een voldoende lengte en breedte hebben om ploegdiepten tot ca. 30 cm mogelijk te maken.
4. Om de vorm van een rister zoveel mogelijk bij de aard en de toestand van de grond te kunnen aanpassen, moet het aan de landzijde in het verticale en aan de vóórzijde in het horizontale vlak verstelbaar zijn.
5. Met uitzondering van enkele percelen op zware grond, voldoet de formule  $Z = Z_0 + \varepsilon v^2$  redelijk goed, om het verband tussen de specifieke grondweerstand en de snelheid aan te geven. Een verband tussen de afwerphoek  $\varphi$  van het rister en de factor  $\varepsilon$  is niet gevonden. Eerder is aan te nemen, dat zowel  $Z_0$  als  $\varepsilon$  afhankelijk zijn van de gehele rister vorm, dus zowel de stand in het horizontale als in het verticale vlak. Nader onderzoek met aangepaste rister vorm, zal, zowel op dit punt als op het vraagstuk van de zware grond, concreter antwoord moeten geven.
6. Het beoordelen van de geschiktheid van een rister voor hogere snelheden kan tot nu toe niet uitsluitend op basis van de gemeten ruwheid geschieden. In verband met de grote locale verschillen in aard van de grond, topografie en klimaat, kan voor het relativeren van de ruwheidscijfers het oordeel van deskundige praktici voorlopig niet worden gemist.
7. De ruwheid van het geploegde oppervlak wordt in het algemeen kleiner naarmate de snelheid bij het ploegen groter wordt. Op lichte grond is de afneming sterker dan op zware. Afwijkingen van dit algemene beeld kunnen optreden door sterke sortering of onvoldoende kering (de ruwheid neemt toe) en door spuiten van fijn materiaal over het geploegde oppervlak (de ruwheid neemt in versterkte mate af). Met het toenemen van de snelheid neemt de ruwheid bij meer gewonden risters minder sterk af dan bij meer cilindrische. Voor het snelploegen verdienen daarom gewonden, schietende risters de voorkeur. Ook voor deze risters dient de ploegsnelheid echter niet groter te worden dan 6 à 7 km/h.
8. De ophoging bedraagt meestal 25 à 30 % van de ploegdiepte. Doorgaans werd de grootste ophoging verkregen bij de hoogste snelheid. In gevallen waar zich na de winter nog betrouwbare verschillen tussen de bij verschillende snelheden verkregen ophoging voordeden, bewogen ze zich meest rond 1 cm. Op grond van de ophogingscijfers kan geen voorkeur voor een bepaald rister type worden uitgesproken.
9. Bij toeneming van de snelheid wordt het gedeelte van de grond dat intensief wordt verkruid groter, terwijl het resterende gedeelte minder intensief wordt verkruid dan bij lage snelheid.

## 7. CONCLUSIONS

1. The experimental fields were usually homogeneous, with respect to both composition of soil and porosity, moisture and air content. Moisture content at ploughing corresponded with moisture content at pF 2.0.
2. For high speed mouldboards, the horizontal share cutting angle ( $\varphi_s$ ) should not be smaller than about  $40^\circ$  as otherwise the soil may be pushed sideways instead of being turned. The vertical cutting angle  $\delta$  at the landside (the side of the unploughed land) of the mouldboard must be greater on clay soils than on lighter soils.
3. On clay soils the horizontal angle  $\varphi$  at the furrowside of the mouldboard must be greater, on lighter soils smaller than the corresponding angle at the landside. Otherwise on clay soils the contact between soil and mouldboard is not maintained till the end. For the same reason the increase of the angle  $\delta$  from the land- to the furrowside must be regular. The maximum width must be big enough to allow a ploughing depth of about 30 cm. (For clay soils the maximum width must equal the sum of ploughing width and depth).
4. To adapt the mouldboard shape to the characteristics of the soil it must be adjustable, on the landside in the vertical and on the furrowside in the horizontal plane.
5. With the exception of the experimental fields on the heavy clay soils the formula  $Z = Z_0 + \varepsilon v^2$  expresses fairly well the relation between specific ploughing resistance and speed. Between the lateral directional angle ( $\varphi$ ) at the end of the mouldboard and  $\varepsilon$ , the coefficient of the dynamic ploughing resistance, no relation was found. A relation between  $Z_0$ ,  $\varepsilon$  and the whole shape of the mouldboard is more obvious. Further research on this point is necessary.
6. Appreciation of the suitability of a mouldboard for higher speeds cannot be based exclusively on account of roughness determinations. In view of local differences in soil, topography and climate, the opinion of expert practitioners cannot be spared for the time being.
7. The roughness of the ploughed surface generally decreases with increasing ploughing speed. On medium-textured soils the decrease is bigger than on fine-textured soils. Deviations of this general picture may appear by a sorting effect or imperfect turning of the furrow slices (roughness increases) and by spraying of finely crumbled soil over the ploughed surface (roughness decreases sharply).  
With increasing ploughing speed roughness is decreased at a higher rate with universal — than with spiral shape mouldboards.  
Therefore, for high-speed ploughing the latter are preferable. However, even with these mouldboards ploughing speed should not exceed 6 to 7 km/h.
8. The upheaval usually amounts to 25 to 30 % of the ploughing depth. The biggest upheaval was generally obtained at the highest ploughing speed. In cases were after winter significant differences still existed, they amounted mostly to 1 cm. From the differences in upheaval a preference for a certain type of mouldboard could not be derived.
9. With increasing ploughing speed the intensively crumbled part of the soil increases. The other part is less intensively crumbled than at lower speeds.

## 8. SUMMARY

The influence of mouldboard shape, soil type and ploughing speed on ploughing resistance and furrow shape were examined during several years. The soil characteristics of the experimental fields were determined before ploughing (appendices 2 and 3). The fields were generally homogeneous and were ploughed under relatively wet conditions (table 4).

The dimensions and the characteristic angles are determined from the three projections of the different mouldboards (fig. 1, 2 and 15 to 24). A comparison of the mouldboards is made in tables 1 and 2 and also in fig. 14 to 17. These informations, together with a theoretical background and the experience on the experimental fields show, that none of the mouldboards investigated is suitable for speeds higher than 6 km/h on the light soils. Only type P and TWZ will give acceptable work at this speed. On the heavy clay soils the maximum width limits the ploughing depth. For all mouldboards a depth of about 20 cm is the maximum. At this depth and also under difficult conditions only type P (which has an adjustable support stay) and type SCN9K will deliver good work.

The ploughing resistance from the various mouldboards is measured with a specially built frame (fig. 8, 9, 10, 11). The specific ploughing resistance ( $\text{kg}/\text{dm}^2$ ) is calculated and compared with the values obtained with the formula  $Z = Z_0 + \varepsilon v^2$  (Gorjatschkin). The static part  $Z_0$  is mentioned in appendix 5, the dynamic part  $\varepsilon$  in appendix 6 and the value of the mean ploughing resistance of each mouldboard ( $\bar{Z}$ ) in appendix 7. Figures 12, 13 and 14 show the relation between specific ploughing resistance and speed ( $R^2 > 0.70$ ). Significant differences of  $\varepsilon$  and  $\bar{Z}$  (5 %-level) on the various experimental fields are reported in table 3.

The analysis of variance for all mouldboards together on the light soils (Odoorn, Wijnandsrade and Kloosterburen) gives no significant differences for the factor  $\varepsilon$ . The value of  $\varepsilon$  is generally lowest for type SCN9K and highest for type 111, 111 1964 and BW7G, while also  $\bar{Z}$  for type SCN9K is generally lower than for type 111 and 111 1964. From this material a good insight in the relation between  $\varepsilon$ ,  $\bar{Z}$  and mouldboard shape is difficult to obtain. The relation between mouldboard shape, ploughing speed and work is shown in fig. 29, 30 and 31. Roughness, i.e. the irregularity of the ploughed surface, decreases during winter under the influence of the weather (fig. 26 and 27).

Roughness after ploughing and the magnitude of decrease during winter are characteristics of the work of the plough. With increasing ploughing speed roughness generally decreases on both medium-textured and fine-textured soils. On the former the decrease is bigger than on the latter. At higher ploughing speeds this picture may be complicated. On medium-textured soils a sorting effect, i.e. a small amount of big clods on a smooth surface may appear (fig. 32), whilst on fine-textured soils also imperfect turning of the furrow slices may occur (fig. 33). Finely crumbled soil sprayed over stable, bigger clods, gives rise to apparant flatness (fig. 34). At moderately high speeds spiral shape mouldboards still give acceptable roughnesses.

The differences in height of the surface before and after ploughing, called upheaval, is shown in fig. 36 and 37. From the differences in upheaval a preference for a certain type of mouldboard could not be derived. However, the bigger the upheaval in autumn, the bigger it is in spring. In view of the positive relations between upheaval and air content, a big upheaval can be of benefit for soils often lacking air.

Aggregate distribution after ploughing very clearly shows the influence of ploughing speed (appendix 8). However, this determination is very often not practicable. After ploughing clods usually are too unstable or too big to be sieved and weighed.

## 9. LITERATUUR

1. BOEKEL, P. Soil structure and plant growth. Netherlands Journal of Agricultural Science. 11 (1963) 120-127.
2. KRUTIKOW, N. P. e.a. Theorie, Berechnung und Konstruktion der Landmaschinen. Band I (1955).
3. KUIPERS, H. A reliefmeter for soil cultivation studies. Netherlands Journal of Agricultural Science. 5 (1957) 255-262.
4. KUIPERS, H. en C. VAN OUWERKERK Total pore-space estimations in freshly ploughed soil. Netherlands Journal of Agricultural Science. 11 (1963) 45-53.
5. KUIPERS, H. en C. VAN OUWERKERK Invloed op de grond van drie jaar vroeg of laat ploegen. Landbouwvoorlichting. 20 (1963) 43-49.
6. NICHOLS, M. L. and T. H. KUMMER The dynamic properties of soil. IV Agricultural Engineering. 13 (1932) 279-285.
7. NICHOLS, M. L. and I. F. REED The dynamic properties of soil. VI Agricultural Engineering. 15 (1934) 187-190.
8. RIEMER JZN, G. e.a. Handboek voor Landbouwwerktuigen en trekkers. Deel I (1957).
9. SÖHNE, W. Untersuchungen über die Form von Pflugkörpern bei erhöhter Fahrgeschwindigkeit. Grundlagen der Landtechnik, 11. Konstrukteurheft 16/17 (1959) 22-39.
10. SÖHNE, W. Anpassung der Pflugkörperform an höhere Fahrgeschwindigkeiten. Grundlagen der Landtechnik, 12. Konstrukteurheft 18 (I. Teil) (1960) 51-62.
11. SÖHNE, W. und R. MÖLLER Über den Entwurf von Streichblechformen unter besonderer Berücksichtigung von Streichblechen für höhere Geschwindigkeit. Grundlagen der Landtechnik, 15. Konstrukteurheft 19 (2. Teil) (1962) 15-27.

## 10. BIJLAGEN

1. De ligging van de verschillende proefvelden.
2. Gemiddelde uitkomsten van het grondonderzoek in de laag 0-20 cm-mv.
3. Gemiddelde grond : water : lucht-verhouding vóór het ploegen.
4. De onderzochte risters en de ploegsnelheden.
5. De grootte en de standaardafwijking van  $Z_0$ .
6. De grootte en de standaardafwijking van  $\varepsilon$ .
7. De grootte van  $\bar{z}$ .
8. De fractieverdeling van de aggregaten te Wijnandsrade 1963.

Bijlage 1 De ligging van de verschillende proefvelden.

Appendix 1 Location of plots.

Plaats en naam	Jaar en seizoen	Grondsoort
Slootdorp		
Proefbedrijf „Oostwaardhoeve”	1959 najaar <sup>1)</sup> 1961 najaar <sup>2)</sup>	zware zavel lichte zeeklei
Westnaas		
Proefboerderij „Mariënhof”	1960 najaar <sup>1)</sup> 1961 najaar	zware zavel lichte zeeklei
Odoorn		
Landbouwbedrijf „de Poort”	1961 najaar 1962 najaar	„lichte” zandgrond „zware” zandgrond
Wijnandsrade		
Proefboerderij „Huize Wijnandsrade”	1962 najaar 1963 voorjaar 1964 najaar 1965 voorjaar	löss löss löss löss
Randwijk		
Landbouwbedrijf „de Hoeve”	1963 najaar <sup>2)</sup>	zware rivierklei
Kloosterburen		
Landbouwbedrijf „Oud Bocum”	1964 najaar	zeer lichte zavel

<sup>1)</sup> Op dit proefveld is de apparatuur voor het meten van de trekkracht ontwikkeld. Om deze reden zijn de trekkrachtcijfers niet verwerkt.

<sup>2)</sup> Metingen aan de grondlegging zijn op dit proefveld niet uitgevoerd.

Bijlage 2 Gemiddelde uitkomsten van het grondonderzoek in de laag 0-20 cm-mv.  
 Appendix 2 Characteristics of the 0-20 cm layer.

Proefveld		Strook, blok no.	pH-KCl	% CaCO <sub>3</sub>	% org. stof	% < 16 $\mu$	% < 2 $\mu$
Slootdorp	1959	1	7,1	8,8	2,0	35,4	—
		2	7,1	9,5	1,9	29,3	—
		3	7,2	9,5	2,1	26,8	—
	1961	geen grondonderzoek uitgevoerd					
Westmaas	1960	1,2	7,3	8,2	2,2	37,4	—
		3,4	7,5	7,9	2,2	34,7	—
		5,6	7,6	7,8	2,1	33,6	—
	1961	1	6,9	7,2	2,1	39,6	—
2		6,9	7,3	2,2	42,0	—	
3		6,9	7,1	2,0	38,4	—	
4		6,9	7,2	2,1	40,3	—	
Odoorn	1961	1	4,4	—	3,8	4,5	—
		2	4,3	—	3,7	3,8	—
		3	4,2	—	4,1	4,6	—
		4	4,2	—	4,0	4,5	—
	1962	1	4,5	—	7,1	6,1	—
2		4,3	—	6,9	6,5	—	
3		4,4	—	6,3	6,0	—	
Wijnandsrade	1962	1	4,8	0	1,7	28,8	13,2
	1963	2	4,7	0	1,9	30,0	14,5
	1964	1	5,3	0	2,1	29,5	13,2
	1965	2	5,1	0	2,0	26,9	11,6
		3	5,2	0	2,0	28,9	12,6
		4	5,1	0	1,8	27,9	11,6
Randwijk	1963	—	5,2	0	3,8	55,0	—
Kloosterburen	1964	1	6,8	0,3	2,0	15,0	10,3
		2	6,9	0,5	2,0	14,7	9,8
		3	6,5	0,1	2,0	14,8	10,2
		4	6,6	0,1	2,0	14,7	10,0

Bijlage 3 Gemiddelde grond: water: lucht-verhouding vóór het ploegen.

Appendix 3 Porosity, moisture — and air content at ploughing.

Proefveld	laag (cm-mv)	Strook, blok no.	Vol. % poriën	Gew. % water		Vol. % lucht		
				bern.	pF 2,0	bern.	pF 2,0	
Slootdorp	1959	5-10, 15-20	—	45,7	23,8	24,8	11,4	10,0
Westmaas	1960	5-10,	1	46,0	22,6	23,5	13,4	12,0
		15-20	2	46,0	22,2	22,8	14,2	13,2
			3	45,4	21,7	22,8	13,8	12,2
	1961	3-8,	1	45,0	25,1	26,0	8,0	6,7
		13-18	2	45,2	24,0	24,5	10,0	9,2
			3	45,0	24,4	24,8	9,1	8,2
			4	—	24,8	—	—	—
Slootdorp	1961	3-8	—	44,5	24,8	25,1	7,9	7,1
		13-18	—	45,6	24,4	25,1	10,3	8,9
Odoorn	1961	3-8,	1	50,6	23,3	24,0	20,8	19,9
		13-18	2	48,6	22,0	22,7	19,2	18,4
			3	46,3	25,0	24,0	11,6	13,0
			4	45,0	24,3	23,2	10,5	12,2
	1962	5-10,	1,2	52,2	25,1	27,2	22,0	19,4
		15-20	3,4	51,4	25,3	27,4	20,6	17,9
			5,6	51,4	24,3	26,6	21,7	18,9
Wijnandsrade	1962	5-10,	1,2	45,2	21,7	24,1	13,7	10,3
		12-17	3,4	44,7	21,6	24,4	13,0	9,1
			5,6	43,8	21,4	23,9	12,1	8,2
	1963	5-10,	1	45,6	23,9	24,4	11,2	10,5
		15-20	2	45,2	23,8	24,0	10,7	10,4
			3	46,0	24,7	25,4	10,8	9,8
			4	45,4	24,6	25,4	9,9	8,8
	1964	3-8	1,2	52,0	24,7	26,5	20,8	18,4
			3,4	52,4	25,1	27,1	20,8	18,3
			5,6	49,9	24,9	26,6	16,8	14,7
		13-18	1,2	47,1	22,2	23,8	15,8	13,4
			3,4	46,0	22,7	24,2	13,5	11,3
			5,6	46,5	22,6	24,2	14,5	12,3
	1965	2-7,	1	47,7	24,9	25,6	13,3	12,4
		15-20	2	47,0	24,1	24,9	13,3	12,0
			3	48,8	24,9	25,9	15,0	13,7
			4	47,9	25,8	26,2	12,2	11,7
Randwijk	1963	2-7	—	50,9	34,4	33,9	5,5	6,4
		12-17	—	51,5	33,1	33,4	8,3	8,2
Kloosterburen	1964	2-7	1	52,3	24,3	22,7	21,6	23,7
			2	51,1	24,7	22,8	19,2	21,6
			3	53,0	23,5	22,5	23,8	25,1
			4	52,2	24,1	23,0	21,7	23,1
		13-18	1	44,8	22,5	21,4	12,0	13,6
			2	43,5	21,8	21,0	10,9	12,2
			3	43,9	21,4	20,9	21,2	12,9
			4	44,1	21,4	20,9	12,6	13,2



Bijlage 4 De onderzochte risters en de ploegsnelheden.

Appendix 4 Mouldboards and ploughing speed.

Proefveld		Ristertype	Snelheden in km/h				
			V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>
Slootdorp <sup>1)</sup>	1959	Goudland GW 60 <sup>2)</sup>	3,8	5,5	7,2	—	—
		Goudland GW 80 super <sup>3)</sup>					
Westmaas <sup>1)</sup>	1960	DMC <sup>3/8</sup>	4,5	6,6	9,8	—	—
		FRDCP					
Slootdorp	1961	TWZ	4,4	5,4	6,4	7,4	—
		P					
		DM 25K					
Slootdorp	1961	111	4,4	5,5	6,3	7,3	—
		TWZ					
		P					
Odoorn	1961	DM 25K	4,6	5,7	6,6	7,9	9,7
		111					
		TWZ					
Odoorn	1962	P	3,8	5,6	7,5	9,6	—
		BW7G					
		SCN9K					
Wijnandsrade	1962	111	3,8	5,5	7,2	9,7	—
		TWZ					
		SCN9K					
Wijnandsrade	1963	111	3,9	5,6	7,3	9,7	—
		TWZ					
		111					
Wijnandsrade	1964	TWZ	4,4	5,5	7,3	9,5	—
		P					
		SCN9K					
Wijnandsrade	1965	111	4,5	5,6	7,4	9,6	—
		TWZ					
		P					
Wijnandsrade	1965	SCN9K	4,5	5,6	7,4	9,6	—
		111					
		111 1964					
Randwijk	1963	O111O	4,3	5,3	7,0	—	—
		TWZ					
		P					
Kloosterburen	1964	SCN9K	4,4	5,5	7,2	9,5	—
		111					
		111 1964					
		O111O					

<sup>1)</sup> Op deze proefvelden is de apparatuur voor het meten van de trekkracht ontwikkeld; de trekkrachtcijfers zijn daarom niet verwerkt.

<sup>2)</sup> In de tekst aangeduid als Goudland dwars.

<sup>3)</sup> In de tekst aangeduid als Goudland gewonden.

Bijlage 5 De grootte van  $Z_0$  (kg/dm<sup>2</sup>).

Appendix 5 Value of  $Z_0$  (kg/dm<sup>2</sup>).

Proefveld		Ristertype								
		TWZ	P	BW7G	DMC-3/6	DM-25K	SCN-9K	111	111 1964	O111O
Westmaas	1961	50,9	64,3	—	—	40,8	—	52,0	—	—
Slootdorp	1961	46,6	49,6	—	—	33,5	—	49,1	—	—
Odoorn	1961	28,4	25,6	—	24,5	23,3	—	27,3	—	—
	1962	33,0	40,2	25,5	—	—	22,5	28,9	—	—
Wijnandsrade	1962	41,3	—	—	—	—	35,1	34,0	—	—
	1963	31,1	—	—	—	—	—	31,1	—	—
	1964	34,0	33,0	—	—	—	42,3	—	42,4	—
	1965	31,2	27,3	—	—	—	24,8	35,1	36,8	34,1
Randwijk	1963	86,4	64,2	—	—	—	79,3	79,1	—	81,5
Kloosterburen	1964	29,0	32,0	—	—	—	32,7	—	26,5	33,2

De standaardafwijking van  $Z_0$ . / Standard deviation of  $Z_0$ .

Westmaas	1961	1,39	3,56	—	—	1,75	—	1,89	—	—
Slootdorp	1961	1,32	3,10	—	—	1,64	—	1,73	—	—
Odoorn	1961	1,24	1,17	—	1,00	0,74	—	0,99	—	—
	1962	0,57	0,99	1,09	—	—	0,82	1,15	—	—
Wijnandsrade	1962	0,81	—	—	—	—	1,01	0,47	—	—
	1963	0,59	—	—	—	—	—	0,40	—	—
	1964	0,46	0,42	—	—	—	0,38	—	0,71	—
	1965	0,49	0,63	—	—	—	0,33	0,49	0,55	0,85
Randwijk	1963	5,51	7,42	—	—	—	5,98	4,54	—	6,54
Kloosterburen	1964	0,59	0,87	—	—	—	0,76	—	0,97	0,79

Bijlage 6 De grootte van  $\varepsilon$ .  
 Appendix 6 Value of  $\varepsilon$ .

Proefveld		Ristertype								
		TWZ	P	BW7G	DMC-3/6	DM-25K	SCN-9K	111	111 1964	O1110
Westmaas	1961	- 1,1	- 0,9	—	—	3,9	—	1,9	—	—
Slootdorp	1961	5,0	3,1	—	—	6,7	—	6,2	—	—
Odoorn	1961	3,3	3,1	—	2,4	3,1	—	2,7	—	—
	1962	2,1	1,8	3,6	—	—	1,6	2,8	—	—
Wijnandsrade	1962	1,6	—	—	—	—	1,1	2,3	—	—
	1963	2,2	—	—	—	—	—	2,9	—	—
	1964	2,6	2,0	—	—	—	1,0	—	1,6	—
	1965	2,1	2,5	—	—	—	1,9	3,0	2,9	2,0
Randwijk	1963	1,8	3,8	—	—	—	- 0,5	5,9	—	1,6
Kloosterburen	1964	2,2	2,4	—	—	—	0,6	—	3,1	2,0

Standaardafwijking van  $\varepsilon$ . / *Standard deviation of  $\varepsilon$ .*

Westmaas	1961	0,47	1,23	—	—	0,59	—	0,62	—	—
Slootdorp	1961	0,45	1,04	—	—	0,54	—	0,57	—	—
Odoorn	1961	0,31	0,28	—	0,27	0,19	—	0,25	—	—
	1962	0,14	0,23	0,25	—	—	0,19	0,26	—	—
Wijnandsrade	1962	0,20	—	—	—	—	0,25	0,11	—	—
	1963	0,14	—	—	—	—	—	0,09	—	—
	1964	0,11	0,10	—	—	—	0,09	—	0,18	—
	1965	0,11	0,15	—	—	—	0,07	0,11	0,13	0,19
Randwijk	1963	2,26	2,86	—	—	—	2,28	1,74	—	2,55
Kloosterburen	1964	0,14	0,21	—	—	—	0,18	—	0,23	0,20

Bijlage 7 De grootte van  $\bar{Z}$  (kg/dm<sup>2</sup>).

Appendix 7 Value of  $\bar{Z}$  (kg/dm<sup>2</sup>).

Proefveld		Ristertype								
		TWZ	P	BW7G	DMC-3/6	DM-25K	SCN-9K	111	111 1964	O111O
Westmaas	1961	47,8	61,8	—	—	51,7	—	57,5	—	—
Slootdorp	1961	60,1	58,2	—	—	52,0	—	66,4	—	—
Odoorn	1961	40,0	37,2	—	32,2	34,5	—	37,0	—	—
	1962	40,8	46,9	38,9	—	—	28,6	39,6	—	—
Wijnandsrade	1962	46,7	—	—	—	—	38,9	42,5	—	—
	1963	39,4	—	—	—	—	—	41,7	—	—
	1964	43,9	40,7	—	—	—	45,8	—	47,6	—
	1965	39,2	36,5	—	—	—	32,2	46,5	48,0	41,7
Randwijk	1963	90,6	73,4	—	—	—	78,2	93,4	—	85,3
Kloosterburen	1964	37,0	40,8	—	—	—	34,8	—	37,9	40,4

Bijlage 8 De fractieverdeling van de aggregaten te Wijnandsrade 1963.  
Appendix 8 Aggregate distribution at Wijnandsrade 1963.

Klasse	111		TWZ	
	4 km	10 km	4 km	10 km
Grote brokken (> 200 g) . . . . .	44	33	31	31
Kleine brokken . . . . .	9	8	8	8
Fijn materiaal (< 40 mm) . . . . .	47	59	61	61

Verdeling van de grote brokken naar gem. aantal ( $\bar{n}$ ) en gem. gewicht ( $\bar{g}$ ).

Gewicht (g)	111				TWZ			
	4 km		10 km		4 km		10 km	
	$\bar{n}$ (%)	$\bar{g}$ (%)	$\bar{n}$ (%)	$\bar{g}$ (%)	$\bar{n}$ (%)	$\bar{g}$ (%)	$\bar{n}$ (%)	$\bar{g}$ (%)
200-500 . . . . .	63	342	66	336	42	329	38	355
500-1000 . . . . .	19	694	20	714	27	678	42	705
1000-1500 . . . . .	5	1270	7	1183	18	1267	12	1350
1500-2000 . . . . .	5	1810	4	1738	0	0	0	0
> 2000 . . . . .	8	2750	3	3867	12	2538	8	5450

Fractieverdeling van pas geploegde grond (gew. %).

Fractie (mm)	4 km			10 km		
	111	SCN9K	gem.	111	TWZ	gem.
> 80 . . . . .	25	30	28	23	5	14
80-40 . . . . .	15	12	13	12	11	12
40-20 . . . . .	14	13	13	13	19	16
20-10 . . . . .	16	15	16	18	25	21
< 10 . . . . .	30	30	30	33	40	37

Gemiddeld gewicht van de fractie > 80 mm.

	4 km		10 km	
	$\bar{n}$	$\bar{g}$	$\bar{n}$	$\bar{g}$
111 . . . . .	41	780	24	1038
SCN9K . . . . .	44	848	—	—
TWZ . . . . .	—	—	6	700
Gem. . . . .	42	815	15	970