

SYMPOSIUM

"WERKBAARHEID EN BEDRIJF"

gehouden te Wageningen op
13 mei 1977

R 606
1



132624

VOORWOORD

Op 13 mei 1977 vond een symposium plaats over het thema "Werkbaarheid en Bedrijf". Het initiatief hiertoe was genomen door de projectengroep "Werkbaarheid" van het IMAG. De bedoeling was onderzoekers bijeen te brengen die hoewel van verschillende dicipline, onderzoekterreinen en oogmerken toch rond en over dit thema bijzonder nuttig met elkaar van gedachten zouden kunnen wisselen.

De eenstemmige mening van de deelnemers was dat de binnengekomen bijdragen en de gevoerde discussies overtuigende redenen verschaften om het allemaal te bundelen in een publikatie om zo ook een ruimere kring van geïnteresseerden te bereiken.

Deze publikatie ligt nu voor U. Ik hoop dat het een stimulans mag zijn voor voortgezet onderzoek, mag bijdragen tot een nadere richtingbepaling hierin en ook de onderlinge afstemming mag dienen.

Drs. K.E. Krolis
Voorzitter Symposium

SUMMARY

May 13th 1977 a symposium on "Workability and Farming" has been organized at Wageningen. The discussion was ordered in four themes: 1. Workable time, 2. Influencing workable time, 3. Utilizing workable time, 4. Workability in management decision models.

A summary of the discussion points from the papers is given below.

1. Workable time

The workable time for a certain operation is a function of a number of characteristics of the soil, the crop and the weather. The values of these characteristics imply workability or unworkability, depending upon the criteria for workability.

The workable time depends on the operation. There is not only a difference between (for instance) sowing beets and harvesting beets (Buitendijk)^{*}, but also between sowing beets and sowing cereals (Wind, Tanis).

The criteria for the workability of each operation are not yet developed (Buitendijk, Tanis). The technical possibility or impossibility is not the only criterion. Near the utter limits one can speak of influencing the capacity of machines (Fokkens). So the farmer has possibilities to choose: he can choose the criteria that suit him best for economical or other reasons. The researcher has to take account for all the possible criteria (Portiek).

The workability of the soil depends on the drainage system, the structure and texture of the soil, the preceding crop, the lime status and the humus content (Boekel, Wind). At a given type of soil the workability and trafficability is determined by the moisture content which varies in time as a function of the weather (Buitendijk, Tanis, Terpstra, Perdok and Wind).

The workability of crops like colza and cereals, is also determined by the moisture content (Fokkens, Van der Kant, Portiek). Beside the soil and the crop, the actual weather is determining the amount of workable time. Most operations would not be carried out during rainfall. Also factors like temperature (frost), light (darkness) and wind velocity have an impact on workability (Van der Kant).

* Referring to the papers; see Inhoudsopgave, page 6.

2. Influencing workable time

Which possibilities has a farmer to control workable time? One cannot control the weather, unless by building glasshouses. When choosing the variety, the farmer can take account for the characteristics that influence the workability (like sensitiveness for lodging in the case of cereals). Preceding operations and fertilization might also affect the workability of the crop.

The workability of the soil can be improved in various ways. Firstly one might think of draining. The faster excess water can be drained off, the sooner (the longer) the soil will be workable. Type of soil, draining and groundwatertable are the main factors. At low groundwatertable the workability is better (Boekel). Draining is a necessity for many types of soil. Wind studied the relation between workability and drain depth and draining intensity. In the spring time the number of workable days and its probability distribution depends strongly on the drain depth. At practically relevant intervals, the draining intensity on the other hand, has little influence.

The workability of a light clay soil seems to reduce as humus content increases (Boekel). Though much has to be investigated, it seems that improving the lime status and the texture favourably influences the workability (Boekel).

The farmer has also the possibility to increase the workable time by adjusting the method of working and the machinery. Especially the kind of tyres and tyre pressure have to be mentioned. These determine the trafficability and the damage to the soil structure (Terpstra and Perdok). Rolling resistance and sinkage are determined by the tyre pressure. It should be recommended that the tyre pressure of all tyres (tractors, waggons, machinery) does not exceed 1.0 - 1.5 bar (Terpstra and Perdok).

3. Utilizing workable time

Using the terminology of Van Elderen a farm enterprise can be described as a system of materials, existing of soil, crop and live-stock, and its production. The state of the materials changes under the influence of weather and operations. The job scheduling problem exists of a (n-fold) choice of operations resulting in materials of desired qualities. For a decision moment, the choice of the operations is determined by:

- a) the present and desired state of the materials,
- b) the supply of labour and machinery,
- c) the weather conditions and their influence on the materials.

When he wants to use the workable time in the case of these short term decisions, the farmer is very dependent on the weather-forecast and the estimation of the weather dependent state of the materials. It may be suggested to have a discussion with the KNMI^{x)} about the possibilities to improve the weather-forecast, especially concerning local or even individual conditions.

Examples of models which can predict changes in soil and crop are presented by Wind (moisture content of soil) and Fokkens (moisture content of cereals).

In the case of long term decisions the farmer needs information about the probability distribution of workable time (Buitendijk, Van der Kant, Portiek and Tanis).

Observations on workable time can be made by:

- a. using the judgement of farmers themselves (Van der Kant),
- b. measuring the state of the soil - crop - weather system and comparing the results with the chosen criteria for workability (Fokkens, Portiek, Tanis, Wind).

The changeableness of the weather can be refound in the workable time. Many observations are needed to make accurate estimates of the probability distributions of workable time (Portiek).

4. Workability in management decision models

Production planning involves somehow the comparison of the need and the supply of labour and machine capacity. The need is determined by the soil and the crop. The supply is determined by the weather, the labour and the machinery.

Buitendijk investigated the relation between the machine capacity, the required number of workable days and the expectation of the yield in the case of harvesting sugar beets.

The labour planning system and the machinery selecting program, developed by the Institute of Agricultural Engineering (Kroeze, Oving) divides the supply and need of labour into five workability classes.

Production planning by means of linear programming (l.p.) involves the need of data of workability to formulate properly the labour and machinery constraints. The best formulation however is not yet found. A thorough discussion between research people in several related fields is recommended (Van Niejenhuis, Cevaal). Three specific problems arise from these static and deterministic models (as l.p. and labour planning system), in relation to workability:

x) Royal Dutch Meteorological Institute

1. the choice of the percentage point from the probability distribution of workable time;
2. the division of workable time over the planning periods (weeks, half-months);
3. the possibility of executing the planned operations within a planning period, with respect to the real sequence of workable conditions.

Especially the last problem causes searching for other technics. Van Elderen has developed a simulation model for the job scheduling problem. Fokkens, also, refers to a simulation model. Van Elderen has compared the results of simulation with the solutions of l.p. and has found rather great differences.

INHOUDSTABEL

Voorwoord	1
Summary	2
Inhoudstabel	6
Discussienota	7
<u>Bijdragen:</u>	
1. <u>Werkbaarheid en werkbaarheidscriteria:</u> Alle inzenders.	
2. <u>Invloed op de werkbare tijd:</u>	
P. Boekel. De werkbaarheid van de grond in het voorjaar in verband met de ontwatering en de samenstelling van de grond.	14
J. Terpstra en U.D. Perdok. Berijdbaarheid en bewerkbaarheid van grond.	24
G.P. Wind. Workability and drainage.	34
3. <u>Benutten van de werkbare tijd:</u>	
B. Fokkens. Werkbaarheid bij de oogst van koolzaad en granen.	45
N.F. van der Kant. Onderzoek naar werkbaar en onwerkbaar weer bij veldwerkzaamheden, ten behoeve van het in cultuur brengen van jonge poldergrond.	50
J.H. Portiek. Kansverdelingen van werkbare uren voor de graanoogst.	59
T. Tanis. Onderzoek naar werkbare dagen voor veldwerkzaamheden op akkerbouwbedrijven.	64
4. <u>Werkbaarheidsgegevens in bedrijfsbeslissingsmodellen:</u>	
J. Buitendijk. Modelonderzoek naar de samenhang van Mechanisatiegraad, toelaatbare werkomstandigheden en de opbrengst van suikerbieten op een middelzware zavel.	74
R.K. Cevaal en W.P. Noordam. Arbeid in programmeringen van akkerbouwbedrijven door het PAGV.	96
E. van Elderen. Werkindeling en werkbaarheid.	98
G.H. Kroeze en R.K. Oving. Weer en Werk.	105
J.H. van Niejenhuis. Relaties tussen "werkbaarheid" en bedrijfsbegrotingen met behulp van lineaire programmeringen.	114
Samenvatting discussie	118
Bibliografie	124
Lijst van deelnemers	128

DISCUSSIONENOTA

s a m e n g e s t e l d u i t d e i n g e z o n d e n b i j d r a g e n

door

Ing. J.H. Portiek

Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen

Wageningen

Inleiding

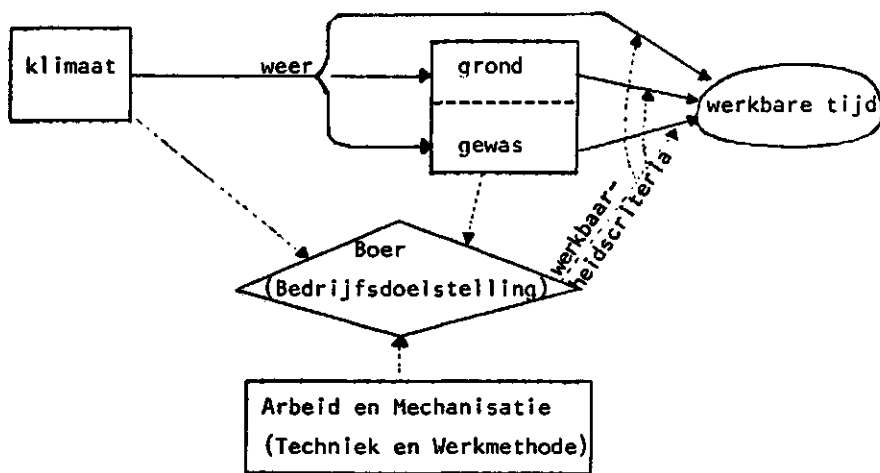
De grond, het gewas en/of het klimaat zijn niet altijd even geschikt om landbouwkundige bewerkingen uit te voeren. De boer legt criteria aan op grond waarvan de tijd wordt verdeeld in werkbare tijd en onwerkbare tijd.

Werkbare tijd is dan de tijd waarin grond, gewas en klimaat voldoen aan door de boer gestelde werkbaarheidscriteria (of -grenzen).

Werkbaarheidscriteria zijn de grenzen waarbinnen de waarden van bepaalde eigenschappen van grond, gewas en klimaat moeten bewegen om dat systeem grond-gewas-klimaat werkbaar te noemen.

De boer kiest de werkbaarheidscriteria afhankelijk van zijn bedrijfsdoelstelling (= al zijn doelen, op lange en korte termijn) en afhankelijk van de mogelijkheden van zijn hulpmiddelen (arbeid en werktuigen).

De verschillende componenten van Werkbaarheid en Bedrijf en hun onderlinge relaties kunnen als volgt in schema worden gebracht.



De werkbare tijd, voor een bepaalde bewerking, is een functie van een aantal eigenschappen van de grond, het gewas en het klimaat. De waarden van deze eigenschappen worden door de werkbaarheidscriteria als werkbaar of onwerkbaar aangemerkt. De keuze van de werkbaarheidscriteria is afhankelijk van wat de boer nastreeft en van wat voor hem mogelijk is met arbeid en werktuigen. Bij zijn beslissingen laat de boer zich leiden door informatie over de actuele toestand van de grond, gewas en klimaat en de toekomstige veranderingen daarin.

Aan de hand van dit schema zal deze discussienota worden samengesteld. Achtereenvolgens worden besproken:

1. Werkbaarheid en werkbaarheidscriteria
2. De invloed die op de werkbare tijd is uit te oefenen door:
 - a. veranderen van werktuigen (of onderdelen) en werkmethode (Terpstra en Perdok)
 - b. veranderen van de grond (Wind, Boekel)
3. De informatie die voor de boer van belang is voor de benutting van de werkbare tijd:
 - a. de weersvoorspelling (Van Elderen)
 - b. de door klimaat en weer beheerste veranderingen in grond en gewas (Van Elderen, Fokkens, Wind)
 - c. de kansverdelingen van werkbare tijd (Buitendijk, Van der Kant, Portiek, Tanis).
4. Het gebruik van werkbaarheidsgegevens in arbeids- en bedrijfsorganisatorische beslissingsmodellen (Buitendijk, Van Elderen, Kroeze en Oving, Van Niejen huis, Cevaal en Noordam).

1 Werkbaarheid en werkbaarheidscriteria

Welke eigenschappen (of factoren) van grond, gewas en klimaat en welke criteria bepalen de werkbare tijd of de (be)werkbaarheid?

Het antwoord op deze vraag hangt af van de (soort) bewerking. Niet alleen is er verschil tussen bijvoorbeeld zaaien van bieten en oogsten van bieten (Buitendijk)¹⁾ maar ook tussen bijvoorbeeld zaaien van granen en zaaien van bieten (Wind, Tanis). Wat per bewerking de werkbaarheidscriteria zijn is niet precies

1) Verwijzing naar bijdragen; zie inhoudstabel, blz. 6

bekend (Buitendijk, Tanis).

Het vaststellen van de werkbaarheidscriteria is niet eenvoudig. Het gaat niet alleen om mogelijkheid en onmogelijkheid van bewerking. Binnen uiterste grenzen is er sprake van beïnvloeding van de bewerkingscapaciteit (Fokkens). De boer heeft daarmee keuzemogelijkheden: hij kan binnen die uiterste grenzen die criteria kiezen die hem op grond van economische en allerlei andere overwegingen het beste passen. De onderzoeker moet al deze mogelijkheden in zijn onderzoek betrekken (Portiek).

De werkbaarheid van de grond (of de bodem) is afhankelijk van het ontwateringssysteem (drainage), de structuur, de granulaire samenstelling, het profiel, het voorgewas, de kalktoestand en het humusgehalte (Boekel, Wind).

Bij een gegeven grond (bodentype) wordt de werkbaarheid en de berijdbaarheid bepaald door het vochtgehalte (c.q. vochtspanning) dat in de tijd varieert onder invloed van klimaat en weer (Buitendijk, Tanis, Terpstra, Perdok en Wind). Ook voor de (be)werkbaarheid van gewassen als koolzaad en graan wordt de vochttoestand als bepalend beschouwd (Fokkens, Van der Kant, Portiek).

Naast grond en gewas is ook het actuele weer bepalend voor de hoeveelheid werkbare tijd. De meeste bewerkingen zullen bij regenval niet uitgevoerd (kunnen) worden, maar ook factoren als temperatuur (vorst), licht (donker) en wind spelen vaak een rol (Van der Kant).

2 Invloed op de werkbare tijd

Welke mogelijkheden heeft de boer om de werkbare tijd te beïnvloeden, te sturen of te regelen?

Aan het klimaat valt weinig te regelen, tenzij hij kassen gaat bouwen.

Wat het gewas betreft kan gezegd worden dat hij bij de ras-keuze rekening kan houden met eigenschappen die de (be)werkbaarheid beïnvloeden (denk aan gevoeligheid voor legering bij granen, bijvoorbeeld). Ook de voorafgaande bewerkingen en de bemesting kunnen invloed hebben op de (be)werkbaarheid van het gewas.

De werkbaarheid van de grond kan op verschillende manieren worden beïnvloed (verbeterd). Hier moet allereerst aan de ontwatering worden gedacht. Hoe sneller overtollig water kan worden afgevoerd hoe eerder en langer de grond bewerkbaar is. Bodentype, drainage en grondwaterstand spelen hierbij een rol. Bij diepe grondwaterstand is de werkbaarheid duidelijk beter dan bij ondiepe (Boekel). Drainage is voor vele gronden noodzakelijk. Het verband tussen werkbaarheid en draindiepte en drainintensiteit is door Wind onderzocht.

Het aantal werkbare dagen en de kansverdeling daarvan is in het voorjaar sterk

afhankelijk van de draindiepte. De drainintensiteit daarentegen heeft, in een praktisch relevant traject, zeer weinig invloed op de bewerkbaarheid van de grond.

De bewerkbaarheid van de grond lijkt af te nemen bij toenemend humusgehalte (Boekel). Hoewel veel nog moet worden onderzocht lijkt verbeteren van de kalktoestand en de granulaire samenstelling de (be)werkbaarheid gunstig te beïnvloeden (Boekel). Greep op de werkbare tijd heeft de boer ook middels aanpassingen van arbeidsmethode en werktuigen aan de omstandigheden. Door deze aanpassingen is het mogelijk de werkbaarheidscriteria te verruimen, waardoor, bij overigens gelijkblijvende grond, gewas, klimaat en bedrijfsdoelstelling, de werkbare tijd kan toenemen.

In deze categorie springen vooral de banden en de bandenspanning naar voren. Banden en bandenspanning bepalen of er gereden kan worden en, zo ja, de aangerichte schade aan de bodemstructuur (Terpstra en Perdok).

Rolweerstand en insporing worden vooral door de bandenspanning bepaald. Het verdient aanbeveling om alle banden (van trekkers, wagens, werktuig) niet meer dan 1,0 - 1,5 bar spanning te geven (Terpstra en Perdok).

3 Benutten van de werkbare tijd

Als bekend is wat werkbare tijd is en hoe die te beïnvloeden is komt de vraag op hoe de boer de in de toekomst aangeboden werkbare tijd zo goed mogelijk kan benutten.

Dat is vooral een kwestie van informatie; van voorspellen en schatten.

In de terminologie van Van Elderen is een landbouwbedrijf te beschrijven als een systeem van materialen, bestaande uit grond, gewassen, vee en produkten daarvan. De toestand van de materialen verandert onder invloed van het klimaat en de bewerkingen. Het werkindelingsprobleem (bedrijfsvoering) bestaat uit een zodanige (n-staps) keuze van de bewerkingen dat er materialen met gewenste eigenschappen ontstaan, of: dat de kansen op het ontstaan van zulke materialen worden gemaximaliseerd. De keuze van de bewerkingen, i.e. de keuze van de ploegencombinaties, wordt bepaald door:

- (a) de huidige en de gewenste toestand van de materialen
- (b) het aanbod van arbeid en werktuigen
- (c) de toestand van het klimaat en de invloed daarvan op de materialen.

Voor het benutten van de werkbare tijd bij deze korte termijnbeslissingen is

de boer sterk afhankelijk van de weersvoorspelling en de voorspelling of schatting van de veranderingen in de materialen onder invloed van het weer.

Met het KNMI kan gediscussieerd worden over de mogelijkheden tot verbetering van de weersvoorspelling, vooral ook ten aanzien van meer lokale of zelfs individuele voorspelling.

Voorbeelden van modellen die veranderingen in grond en gewas kunnen voorspellen zijn gegeven door Wind (bodemvochtgehalte) en Fokkens (vochtverloop van granen).

Voor lange termijnbeslissingen (bedrijfsorganisatie) heeft de boer behoefte aan informatie over kansverdelingen van werkbare tijd (Buitendijk, Van der Kant, Portiek en Tanis).

Bij het schatten van deze kansverdelingen komen drie vragen aan de orde: Wat is werkbare tijd? Hoe waarnemen? en hoeveel waarnemingen?

Waarnemingen van werkbare tijd kunnen worden gedaan:

- (a) aan de werkbare tijd zelf, waarbij dan meestal afgegaan wordt op het oordeel van de boer (Van der Kant).
- (b) door het toestandsverloop van grond, gewas en klimaat te meten (of berekenen) en dat vergelijken met gekozen werkbaarheidscriteria (Buitendijk, Fokkens, Portiek, Tanis en Wind).

Het weer in Nederland is erg wisselvallig. Deze wisselvalligheid of variabiliteit vinden we terug in (be)werkbaarheid en werkbare tijd.

Er zijn daarom veel waarnemingen om betrouwbare of nauwkeurige voorspellingen en schattingen van werkbaarheid en kansverdelingen van werkbare tijd te geven (Portiek).

4 Werkbaarheidsgegevens in bedrijfsbeslissingsmodellen

Bij arbeids- en bedrijfsbegrotingen is steeds sprake van een vergelijking van arbeidsbehoefte en arbeidsaanbod of van behoefte aan bewerkingscapaciteit en aanbod van bewerkingscapaciteit. De behoefte komt van de kant van grond en gewas en is afhankelijk van de eisen, de werkbaarheidscriteria, die vandaaruit aan de bewerking worden gesteld. Het aanbod wordt bepaald door de, door het weer en de hulpmiddelen (arbeid en werktuig) bepaalde, mogelijkheden om aan die eisen te voldoen.

Buitendijk onderzocht het verband tussen machinecapaciteit, oogstzekerheid en opbrengstverwachting bij bietenrooien. De arbeidsbehoefte wordt uitgedrukt in benodigd aantal werkbare dagen, BWD.

Dit BWD wordt gevonden door de te oogsten oppervlakte te delen door de machinecapaciteit. Voor verschillende waarden van BWD kan in elk onderzocht jaar de uiterste begindatum worden gevonden bij gegeven werkbaarheidsgrens. Daarmee kunnen kansverdelingen van uiterste begindata worden geschat. Het begrip oogstzekerheid wordt gedefinieerd als de kans dat de bietenoogst tussen de uiterste begindatum en 30 november kan plaatsvinden. Oogstzekerheid geeft het aanbod van werkbare dagen aan.

Bij het IMAG-arbeidsbegrotingsstelsel en het IMAG-organisatiespel (Kroeze en Oviir.g) worden arbeidsaanbod en arbeidsbehoefte verdeeld in klassen. Het arbeidsaanbod wordt verdeeld in werkbaarheidsklassen waarmee wordt aangegeven hoeveel procent van het totaal aantal uren van een bepaald werkbaarheidsniveau beschikbaar is. De arbeidsbehoefte wordt verdeeld naar weergevoeligheid, waarbij wordt aangegeven welke werkbaarheidseisen door de (groep van) bewerkingen wordt gesteld.

Bij arbeidsbegroting worden uit vijf gevoeligheidsklassen vijf cumulatieve klassen samengesteld, die zo worden gebruikt dat eerst altijd het beste weer wordt benut, met uitloopmogelijkheden naar minder goed weer.

Voor bedrijfsbegrotingen met behulp van Lineaire Programmering (Van Niejenhuis, Cevaal en Noordam) zijn werkbaarheidsgegevens nodig om tot een goede benadering van de capaciteitsvraagstukken te komen. Er is enerzijds behoefte (in de produkten) aan en anderzijds aanbod (in arbeid en machines) van bewerkingscapaciteit. De behoefte is afhankelijk van het produkt; er zijn naar werkbaarheid ingedeelde behoeftecategorieën. Bij deze indeling moet de homogeniteitseis in het oog gehouden worden, waarbij de noodzaak bestaat om de zuivere werktijd en/of de taaktijd te koppelen aan het produkt. Een en ander moet dan nauwkeurig worden gespecificeerd. De vraag is evenwel: hoe nauwkeurig en hoe aanpakken?

Deze statische en deterministische modellen brengen in verband met de werkbaarheid drie problemen met zich mee:

- (a) de keuze van de "normaal", d.w.z. de keuze van het procentpunt uit de kansverdeling van werkbare tijd, of: moet de boer 5, 6, 7, 8 of 9 van de 10 jaar "goed zitten"?
- (b) de verdeling van de werkbare tijd over de perioden (of: de datering van de werkbare tijd, of: de ligging van de werkbare tijd op de kalender (Fokkens)).
- (c) de volgorde waarin de werkbare omstandigheden (weer, grond, gewas) zich aandienen in relatie tot de uitvoerbaarheid van de geplande (begrote) bewerkingen.

Vooral het laatste probleem geeft aanleiding om te zien naar andere technieken. Voor het werkindelingsprobleem, als onderdeel van de bedrijfsvoering, heeft Van Elderen een simulatiemodel ontwikkeld. Ook Fokkens verwijst naar een simulatiemodel. Van Elderen heeft de resultaten van simulatie vergeleken met lineaire programmeringsoplossingen en vindt daarbij nogal grote verschillen.

DE BEWERKBAARHEID VAN DE GROND IN HET VOORJAAR IN
VERBAND MET DE ONTWATERING EN DE SAMENSTELLING VAN
DE GROND

door

Ir. P. Boekel

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid
Haren (Gr.)

1 Inleiding

Om in het voorjaar akker- en tuinbouwgewassen te kunnen zaaien of poten, moet de grond in een daarvoor geschikte toestand verkeren. Dat houdt in dat enerzijds ter verkrijging van een goed zaai- of pootbed de bovenste 5 - 10 cm goed moet willen verkrumelen, terwijl anderzijds de daarbij gehanteerde werktuigen de grond niet te sterk moeten verdichten. Doorslaggevend daarbij is veelal de vochttoestand van de grond. Natte gronden zijn plastisch, gemakkelijk vervormbaar, maar niet te verkrumelen. Bij vermindering van het vochtgehalte neemt de vervormbaarheid af en bij een bepaald vochtgehalte gaat de vervormbare toestand in een verkrumelbare toestand over. Dit overgangsvochtgehalte vormt voor de bewerkbaarheid van de grond in het voorjaar een belangrijke grenswaarde. Wanneer deze grenswaarde in het voorjaar snel wordt bereikt, kan dus vroeg worden ingezaaid. Dat levert belangrijke voordelen t.a.v. groei en opbrengst op. Verder betekent dat een groter aantal werkbare dagen.

Om de genoemde bewerkbaarheid te kunnen verbeteren, zullen we eerst de factoren, die daarop van invloed zijn, moeten leren kennen. Door ons werd enig onderzoek ingesteld naar de invloed van ontwatering en van de aard van de grond, meestal door onderzoek op praktijkpercelen en proefvelden. De bewerkbaarheid van de grond werd op verschillende manieren bepaald, hoe dat zal in het volgende worden aangegeven.

2 Bepaling van de bewerkbaarheid in het voorjaar

De meest eenvoudige manier is de beoordeling op het gevoel en op het oog. Door kneden van de grond wordt een indruk verkregen over de vervormbaarheid of ver-

kruimelbaarheid. Er wordt dan een cijfer gegeven voor een natte weke massa, en een hoog cijfer voor een droge rulle grond. (fig. 1).

Een andere methode is de bepaling van de vervormbaarheid van de grond met behulp van de plasticiteitsmeter, een apparaat dat vooral bij de keramische industrie wordt gebruikt en waarmee de druk wordt gemeten die nodig is om grond vanuit een cylinder door een kleinere opening te persen (fig. 2). Een natte plastische grond vergt daarbij een geringe druk, een droge kruimelige grond een hoge druk. Bij deze bepalingen wordt ook altijd het vochtgehalte bepaald. Tussen de drie verkregen waarden bestaat voor een bepaalde grond een goede samenhang (fig. 3).

Grond in het veld is goed bewerkbaar bij een beoordelingswaarde van 6. Dat komt volgens fig. 3 overeen met een plasticiteitswaarde van 70 kgp en een vochtgehalte - bij deze grond - van 26 (gew. %)

3 Bewerkbaarheid op verschillende gronden

Het is gebleken dat de bewerkbaarheid van de grond in het voorjaar sterk uiteen kan lopen. Fig. 4 toont daarvan een voorbeeld. Daarin is het verloop van de bewerkbaarheid in maart 1976 voor enkele zeer uiteenlopende gronden weergegeven. Daaruit blijkt dat in het droge voorjaar van 1976 de N.O.P. grond na enkele dagen droog weer reeds kon worden bewerkt, terwijl op een zavelgrond in Friesland nog enkele weken moest worden gewacht.

Om maatregelen ter verbetering van de voorjaarsbewerkbaarheid te kunnen aangeven, zal eerst bekend moeten zijn welke factoren daarop van invloed zijn en hoe groot die invloed is. Daarbij zal vooral aandacht moeten worden besteed aan het vochtgehalte. Immers, op de vroeg bewerkbare gronden behoeft kennelijk minder water door verdamping te verdwijnen dan op slecht bewerkbare grond. Dat kan verband houden met een geringere hoeveelheid water boven de eerder genoemde grenswaarde, het kan ook te maken hebben met een geringer transport van water uit diepere lagen. Op dit laatste zal in het volgende wat nader worden ingegaan.

4 Wijze van opdrogen van verschillende gronden

In het voorjaar van 1977 werd op verschillende gronden op hetzelfde moment - verscheidene dagen na het begin van een droogteperiode - laagsgewijze in de bouwvoor het vochtgehalte en de bewerkbaarheid beoordeeld. Het resultaat daarvan is vermeld in de volgende tabel.

Grondsoort	Vochtgehalte (A) en bewerkbaarheid (B) in de laag					
		0-4 cm	4-8 cm	8-12 cm	12-16 cm	16-20 cm
löss Wynandsrade	A	23,4	23,6	22,8	23,0	23,2
	B	5½	5½	5½	5½	5½
zw. zavel N. Gron.	A	18,5	21,2	21,5	22,6	23,8
	B	6 ⁻	5½	5 ⁺	5 ⁻	4 ⁺
zw. zavel NO polder	A	18,7	22,8	23,4	24,1	24,5
	B	6½	5½	5 ⁺	5 ⁻	4½
zw. zavel Wieringerm	A	23,2	24,5	25,5	26,3	26,9
	B	6 ⁻	5 ⁺	5 ⁻	4 ⁺	4
humush. zandgr.Haren	A	21,4	22,0	21,8	22,3	22,6
	B	6½	6 ⁺	6 ⁺	6	6

Hieruit blijkt een duidelijk verschil in wijze van opdrogen. Op de lössgrond, gezien het gelijke vochtgehalte in de hele bouwvoor, een gelijkmatig opdrogen, maar een late geschiktheid voor de toplaag. Op de zware zaveln een heel ander beeld en een groot verschil in vochtgehalte en bewerkbaarheid tussen boven- en ondergrond van de bouwvoor. Dat laatste betekent een snel geschikt zijn van de toplaag, maar een lang nat en plastisch blijven van de onderlaag. Verschillen in capillair transport zullen hierbij wel een rol spelen.

5 Invloed van verschillende factoren op de bewerkbaarheid

Hierbij is vooral aandacht besteed aan de invloed van ontwatering, samenstelling van de grond (humusgehalte, afslibbare delen, kalktoestand) en de structuur van de grond.

Voor de ontwatering vormt een belangrijke factor voor de bewerkbaarheid. Dat is duidelijk gebleken bij onderzoek op een serie praktijkpercelen op lichte kleigrond in 1972. Bij diepe grondwaterstand was de bewerkbaarheid duidelijk beter. Uitgaande van dit resultaat werd met behulp van gegevens over regenval en verdamping over 20 jaar berekend wanneer de grond bij verschillende grondwaterstand kon worden bewerkt (fig. 5). Daaruit blijkt dat bij een gemiddelde grondwaterstand van ongeveer 1 m -mv. in winter en vroege voorjaar meestal voldoende vroeg kan worden begonnen en voldoende dagen met een voor bewerking geschikte grond beschikbaar zijn.

De invloed van het humusgehalte werd nagegaan op de drie organische stof bedrijven te Nagele waar onder invloed van uiteenlopende organische bemestingen verschillen in humusgehalte zijn ontstaan van ongeveer 0,5%. Uit het onderzoek naar de bewerkbaarheid dat verscheidene jaren heeft plaatsgevonden, bleek dat op deze grond een wat hoger humusgehalte de grond wat plastischer, de bewerkbaarheid wat ongunstiger en daardoor het bewerkingstijdstip wat later maakte (tabel).

Object	Vochtgehalte			Beoord. bewerkbaar- heid	Plasticiteit kgp	Humus %
	gem. voor- jaar	pFz	bij bew. gr.			
Kunstmestakker	21,6	22,6	22,5	5,9	70	2,1
Klaverland	22,6	23,4	23,0	5,8	57	2,3
Wisselweide	23,7	24,9	23,5	5,7	54	2,6

Bij een onderzoek op een aantal praktijkpercelen zavelgronden in Groningen en Friesland bleek de bewerkbaarheid van de grond in het voorjaar door de kalktoestand gunstig te worden beïnvloed.

Ook op het kalk-proefveld op lössgrond droogde de grond met hoge pH oppervlakkig sneller op dan de grond met lage pH (fig. 6).

De invloed van het gehalte aan afslibbare delen is nogal in discussie. Gelet op het oppervlak drogen de zware kleigronden meestal wat sneller op dan bv. de zavel, maar gelet op een wat dikkere laag (10-15 cm) is dat juist andersom. Hierbij speelt het capillair geleidingsvermogen een grote rol.

Door Rijtema is aangegeven dat het capillair geleidingsvermogen zeer sterk varieert met de grondsoort. Berekend volgens de formule

$$K = K_0 e^{-x} \quad \text{waarin } K = \text{capillair geleidingsvermogen}$$

$$K_0 = \text{verzadigd doorl. vermogen}$$

$$= \text{vochtspanning}$$

$$x = \text{const. afh. van grondsoort}$$

Krijgen we voor verschillende gronden

grofzand	$K_0 = 300 \text{ cm/etm}$	$x = 0,138$	$K = 0,00003 \text{ cm/atm}$
fijn zand	$= 50$	$= 0,050$	$= 0,3$
zavel	$= 25$	$= 0,035$	$= 1,0$
klei	$= 1,3$	$= 0,048$	$= 0,013$

Uit deze resultaten blijkt inderdaad dat klei een zodanig laag capillair geleidingsvermogen heeft dat het aan het oppervlak optredende vochtverlies door verdamping slechts in zeer beperkte mate door aanvoer van beneden wordt aangevuld. Niet alleen de grondsoort, ook de structuur, de ruimtelijke opbouw van de grond is van invloed op het capillair geleidingsvermogen en dus op de wijze van opdrogen van grond. Voor o.a. een lichte zavel is de invloed van de structuur nagegaan

	Por. vol	K_0	α	K
losse zavelgrond	46,5	48	0,120	0,0003 cm/atm
vaste "	41,3	6,5	0,057	0,24

Dat is een nogal forse invloed, in de praktijk welbekend. Een bezakte, aangesloten zavelgrond droogt in het voorjaar oppervlakkig traag op. Door losekken van de bovenste 5-7 cm kan dat opdrogingsproces worden bevorderd.

Een vraag die o.a. nog niet beantwoord is, betreft de voor grondbewerking meest gewenste toestand in de bouwvoor. Hoe dik moet de voldoende droge laag zijn? Mag de daaronder liggende laag nog vrij vochtig zijn? (een situatie die op vele, oppervlakkig snel opdrogende gronden vaak voorkomt).

Samenvattend kan worden gesteld dat de bewerkbaarheid van de grond in het voorjaar door factoren als ontwatering, kalktoestand en granulaire samenstelling in vrij sterke mate kan worden beïnvloed en dat ook de ruimtelijke opbouw (losse of vaste grond) en daarmee ongetwijfeld de voorafgaande grondbewerkingsactiviteiten een belangrijke rol spelen. Het lijkt een ingewikkeld samenspel van factoren met de nodige interacties. Wij zijn nu bezig dit samenspel enigszins te ontrafelen.

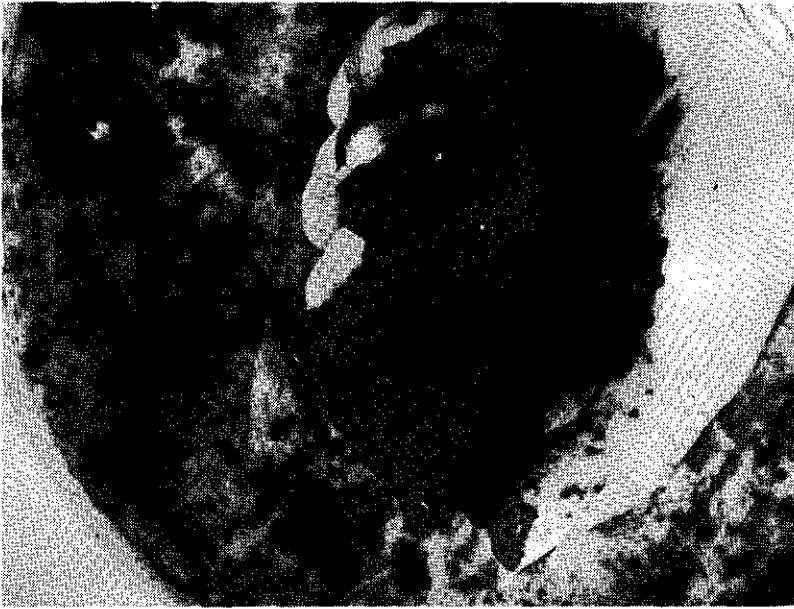


Fig. 1^a

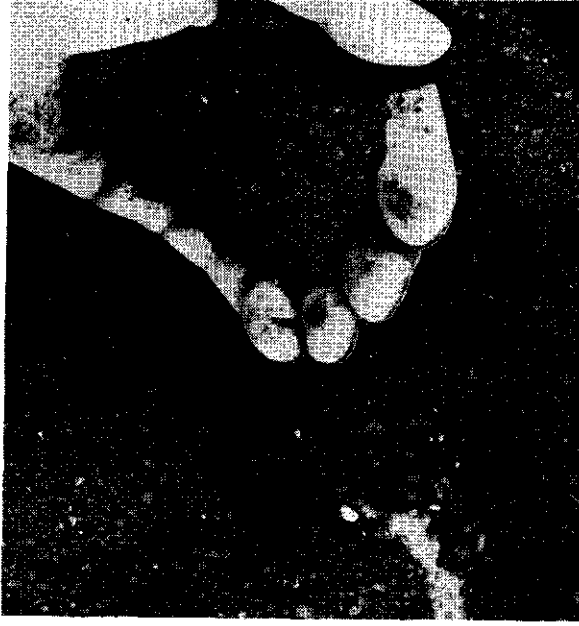


Fig. 1^b

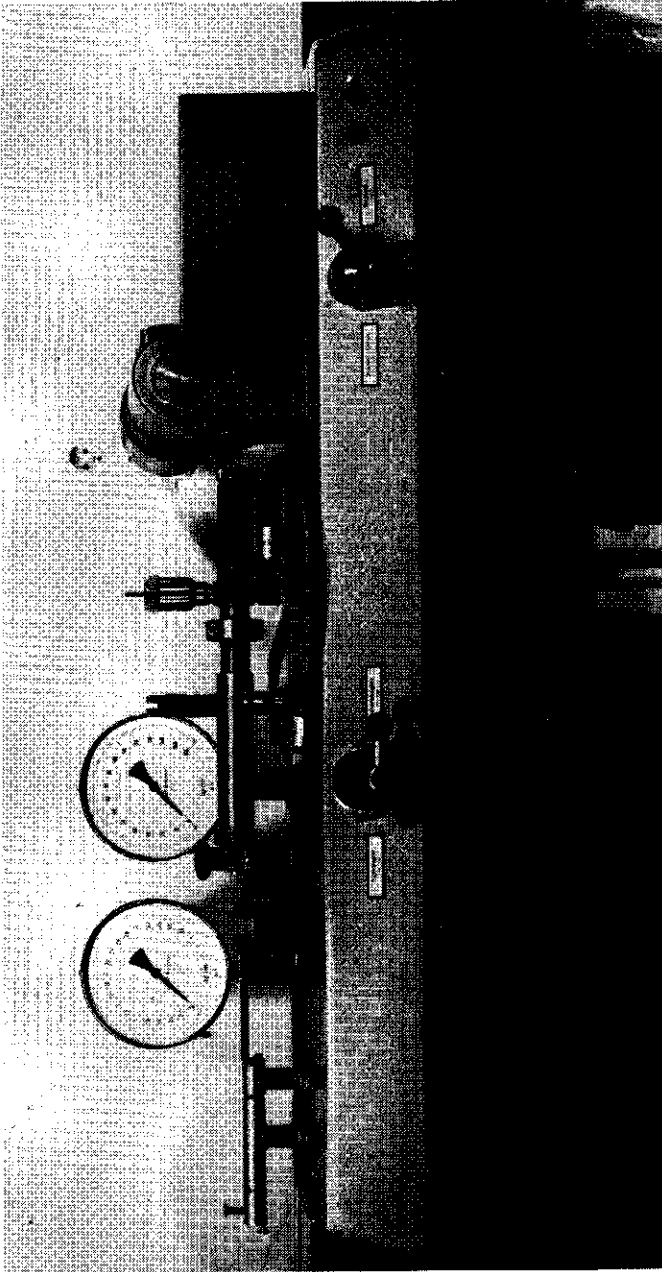


Fig. 2

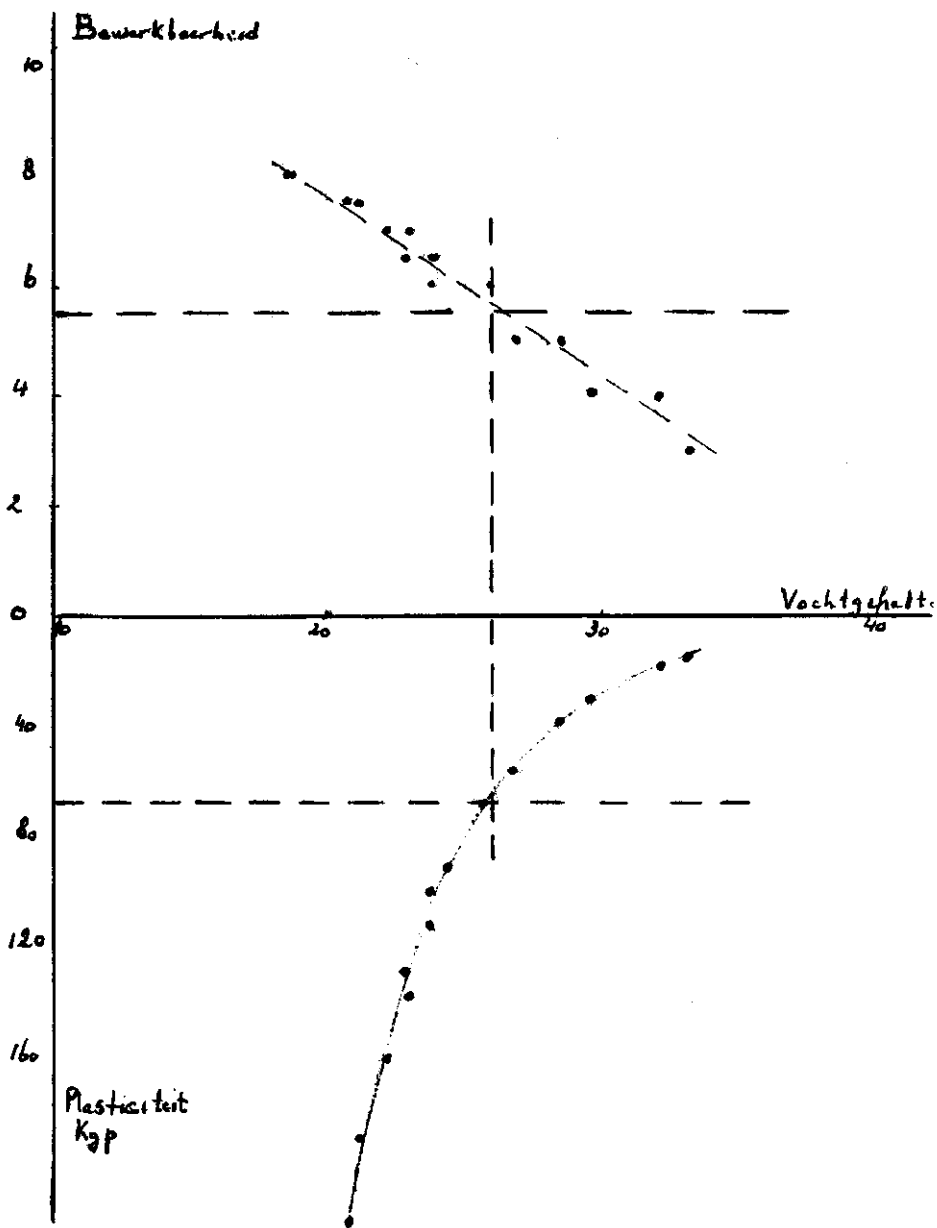


Fig. 3

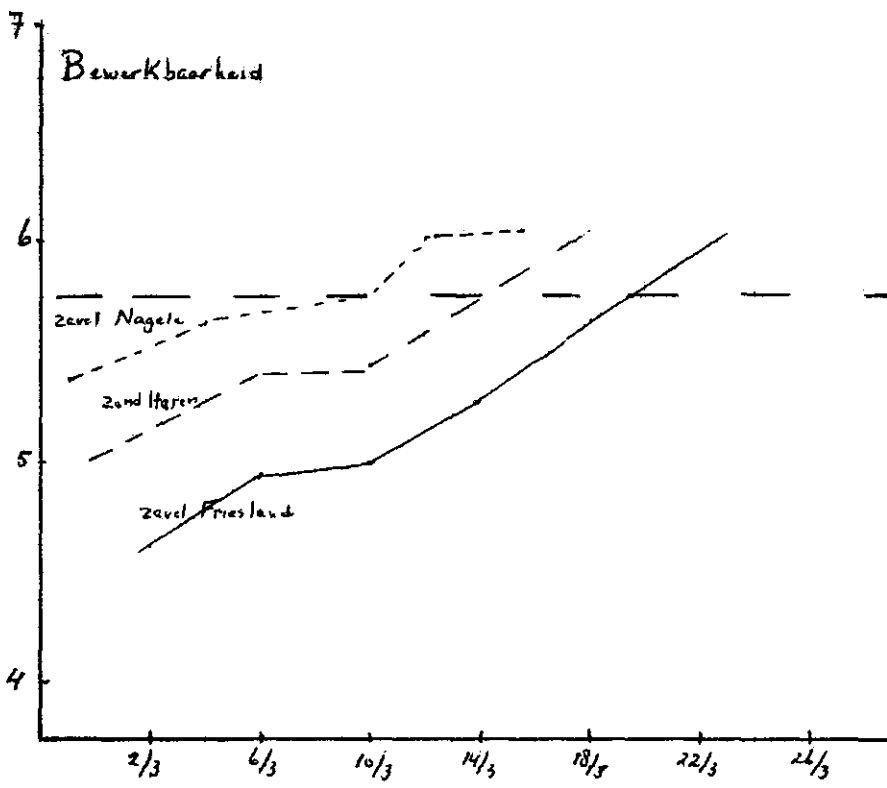


Fig. 4

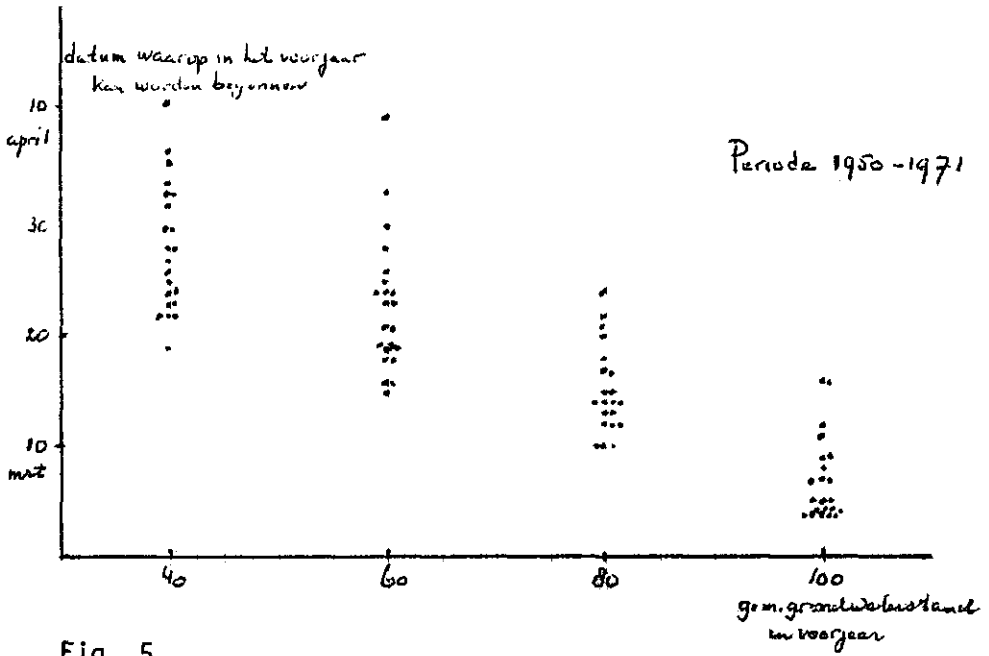


Fig. 5

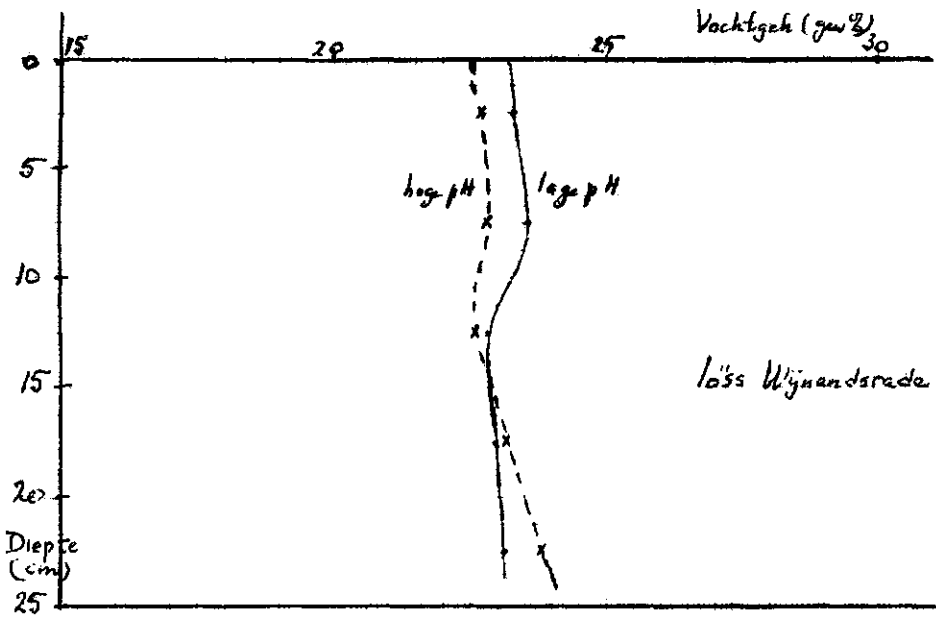


Fig. 6

BERIJDBAARHEID EN BEWERKBAARHEID VAN GROND

door

Ir. J. Terpstra en Ir. U.D. Perdok
Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen
Wageningen

In deze bijdrage wordt op het begrip berijdbaarheid ingegaan aan de hand van het gedrag van wagenbanden ten opzichte van het systeem grond. Wat de stabiliteit van de grond betreft blijkt, dat de bewerkbaarheid hieraan vaak aanzienlijk hogere eisen stelt.

Algemeen

De lucht in de band is te beschouwen als de drager van de last. Om een bepaalde last te kunnen dragen is een zekere hoeveelheid lucht nodig.

Het draagvermogen van een band wordt bepaald door de spanning in de band en de grootte van de luchtkamer.

De benodigde lucht kan a met een hogedruk in een klein volume worden samengeperst

b in een ruim bemeten luchtkamer worden gebracht met een lage druk.

In geval a geeft dit een hogedrukband met een stijf karkas en een hoge ply-rating om de band sterk genoeg te maken voor de hoge bandenspanning.

In geval b daarentegen wordt het draagvermogen opgebracht met een lage bandenspanning en een soepel karkas, hetgeen het dobberend vermogen (flotation) ten goede komt.

Invloed van de bandenspanning op rolweerstand en insporing

De bandenspanning is in hoofdzaak bepalend voor de rolweerstand en de insporing. Er zijn nog enkele andere factoren, die hierbij een ondergeschikte rol spelen, maar de invloed van de bandenspanning is en blijft de belangrijkste factor.

Tussen de luchtdruk in de band en de gemiddelde gronddruk onder de band in het afsteuningsoppervlak bestaat een bepaald verband. Dit is als volgt voor te stellen. De ingesloten lucht en de bandenwangen dragen de last. Wordt de stijfheid van het karkas buiten beschouwing gelaten, dan draagt de ingesloten lucht alleen de last (vgl. met een ballonnetje).

De band vervormt dan zover, dat de druk in kg/cm^2 onder de band gelijk is aan de druk in kg/cm^2 in de band (bandenspanning). Afhankelijk van de maat- en de bouw van de band dragen de wangen een deel van de last. De gemiddelde druk onder de band is dus hoger dan de bandenspanning.

Als vuistregel kan 1,2 - 1,5 x de bandenspanning worden aangehouden.

Voor heel soepele banden is de factor 1,1.

In formule:

$$F_a = \frac{P}{K P_i} \text{ cm}^2$$

F_a = afsteuningsopp. band cm^2
 K = stijfheidsfactor zijwand band
 P = bandbelasting kg
 P_i = bandenspanning kg/cm^2

K varieert van 1,1 - 1,5. De onderzochte banden (Trelleborg en Vredestein) hebben een gemiddelde gronddruk, statisch op een verharde ondergrond, die ongeveer 1,2 x zo hoog is als de in de band heersende druk. In de praktijk kan voor dergelijke banden dus 1,2 x P_i als vuistregel worden aangehouden. Om een indruk te geven van de invloed van de bandenspanning op het afsteuningsoppervlak nog het volgende:

teruggaand van 3,0 op 2,0 bar geeft + 40% afsteuningsopp. vergroting

3,0 - 1,5	-	-	<u>+</u> 70%	-	-
3,0 - 1,0	-	-	<u>+</u> 115%	-	-

De gemiddelde gronddruk loopt terug van 4 kg/cm^2 bij 3,5 bar tot 1,2 à 1,3 kg/cm^2 bij 1,0 bar.

Hoe groter de luchtkamer, des te lager - binnen de grenzen van zijn draagvermogen zal de spanning in de band kunnen zijn om een bepaalde last te dragen. Hoe soepeler de zijwand des te gemakkelijker zal de wang vervormen.

Deze twee factoren geven de band:

- a een groot afsteuningsoppervlak en
- b een groot dobberend vermogen (flotation)

Dit heeft weer tot gevolg:

- 1 de druk in kg/cm^2 onder de band is gering
- 2 er treedt weinig structuurbederf op
- 3 de band spoort weinig in, zodat
- 4 de rolweerstand eveneens gering is.

De bandenspanning is verreweg de belangrijkste factor, die vanuit de band gezien, de rolweerstand op landbouwgronden bepaalt.

Uit de vele proeven, die door ons Instituut i.v.m. belasting en bandenspanning zijn genomen valt wat de bandenspanning betreft het volgende te concluderen. Eerst bij 1,5 bar is een verschil in spoordiepte te constateren. Bij een bandenspanning van 1,0 bar is onder normale herfstomstandigheden na twee maanden het spoor moeilijk terug te vinden.

Uit het vele cijfermateriaal is gebleken, dat de flexibele luchtband zich bij benadering gedraagt als een star wiel van veel grotere diameter, zoals schematisch is weergegeven in figuur 1 waarin $D^* = C \times D$.

Door de geringe onderlinge constructieverschillen is de factor C voor alle wagenbanden bij benadering te schrijven als een functie van de belasting W en de spanning P:

$$C = \frac{W}{qP^x} + 1 \quad (1),$$

waarin q en x gebonden zijn aan meer permanente
grondcondities als geploegd, graanstoppel enz.

In figuur 2 is het verband tussen de vervormingsfactor C en de bandenspanning P weergegeven bij twee wielbelastingen $W_1 = 1,5$ tf en $W_2 = 2,5$ tf. Een geringere belasting veroorzaakt een lager niveau van C. De factor C neemt eerst (beneden ca. 2 ato) snel af en daalt daarna geleidelijk tot 1, bij hoge bandenspanning. Wanneer op beide percelen een zelfde vervormingsfactor van bijvoorbeeld 3,5 wordt nagestreefd, dan moet de bandenspanning op het lossere geploegde perceel tussen 0,75 en 1 bar liggen en op de vastere graanstoppel kan 1,25 tot 1,75 bar worden getolereerd.

Een minimale stabiliteit van ca. 1 kgf/cm^2 (0,75 bar) is dus wel noodzakelijk om de flexibiliteit van de huidige banden tot uiting te doen komen (zie I).

De bovenstaande schatting voor C biedt nu ook de mogelijkheid om de rolweerstand van luchtbanden te berekenen.

Daarbij wordt uitgegaan van de rolweerstandformule van Bekker voor starre wielen, die in figuur 3 is vermeld. In deze formule is:

R = rolweerstand

n en K zijn draagkracht parameters van de grond

b en D breedte en diameter van het wiel en

W gewicht op het wiel.

Met behulp van formule 1 voor C is het mogelijk de nominale diameter D van de luchtband te vervangen door de alternatieve diameter D^* (zie figuur 1).

Deze relatie is voor enkele banden met verschillende afmetingen op beide percelen geïllustreerd in figuur 3.

De rolweerstand is vermeld in % van de wielbelastingen W_1 en W_2 , resp. 1,5 en 2,5 tf. Zolang de band flexibel is, dus tot ca. 2 ato, speelt de bandenspanning de belangrijkste rol en loopt de rolweerstand vrijwel lineair op met de bandenspanning. Bij hogere druk buigen alle curven af en komen de verschillen in afmeting en belasting steeds duidelijker naar voren.

Op beide percelen geeft de kleine band 1 ca. 50% meer rolweerstand dan de hoge band 3. Op de vastere graanstoppel is de rolweerstand belangrijk geringer dan op het lossere geploegde perceel; bij 1,6 ato verdubbelt de rolweerstand voor band 2 van ca. 6% tot ca. 12%.

Ook bij het verschillende keren rijden door hetzelfde spoor komt de invloed van de bandenspanning eveneens duidelijk naar voren (fig. 4).

De eerste keer is de rolweerstand duidelijk hoger dan de volgende keer, om afhankelijk van de bandenspanning weer op hetzelfde niveau of hoger terug te komen.

Met een 13 - 16 band kan, als een 20 cm diep spoor als criterium wordt genomen, slechts 4 maal door hetzelfde spoor worden gereden. De 16 - 20 band op 1,5 bar spanning komt praktisch tot 7 rondgangen, terwijl op 1,0 bar na 15 rondgangen dit criterium nog niet is bereikt. Wat de 13 - 16 band op 3,5 bar betreft stemt dit goed met de praktijkervaring overeen, dat er onder natte slechte omstandigheden er niet vaker dan 3 à 4 maal door eenzelfde spoor moet worden gereden.

Opmerkelijk is het verschil, dat door het verlagen van de bandenspanning van 1,5 naar 1,0 bar bij de 16 - 20 band wordt bereikt. Niet alleen geeft dit een vrij belangrijke niveauverlaging van rolweerstand, maar vooral het verschil in insporingsdiepte is frappant. De verschillen in bandenspanning zijn doelbewust gekozen. De 3,5 bar is een algemeen voorkomende spanning voor wagenbanden. De 1,0 - 1,5 bar wordt bij trekkerachterbanden aangetroffen, terwijl 2,5 bar nog algemeen is voor trekkervoorbanden. Het is een bekend feit, misschien niet als zodanig onderkend, dat de trekkervoorbanden de insporing inleiden. De trekkerachterbanden diepen met de kammen dit spoortje uit, terwijl daarna het spoor door de wagenband nog eens extra diep wordt gemaakt. Men kan zich afvragen of het niet tijd wordt dat de gehele trein met banden 1,0 - 1,5 bar spanning worden uitgerust?

Er wordt dan een belangrijke stap gezet om het structuurbederf onder minder gunstige omstandigheden binnen redelijke grenzen terug te brengen. Binnen zodanige grenzen, dat het eventueel nog optredende structuurbederf door een goede grondbewerking weer kan worden opgeheven.

Uit het model (zie fig. 3) is de invloed van de bandenspanning, de belasting, de diameter en de breedte van de band na te gaan, onder "normale" omstandigheden.

In het algemeen komen de uitkomsten van het rekenmodel goed met de praktijk overeen en zijn als zodanig goed bruikbaar voor een verantwoorde bandenkeuze. Onder ongunstiger omstandigheden heeft het model evenwel de neiging, wat de rolweerstandscoefficiënt betreft, de invloed van de breedte van de band te onderschatten en de diameter te overschatten.

Dit wordt geïllustreerd door het zgn. bulldozereffect van bredere banden. Onder gunstige omstandigheden is de bredere band in het voordeel (figuur 5). Worden de omstandigheden slechter, dan komt de bredere band door dit bulldozereffect in het nadeel (figuur 6).

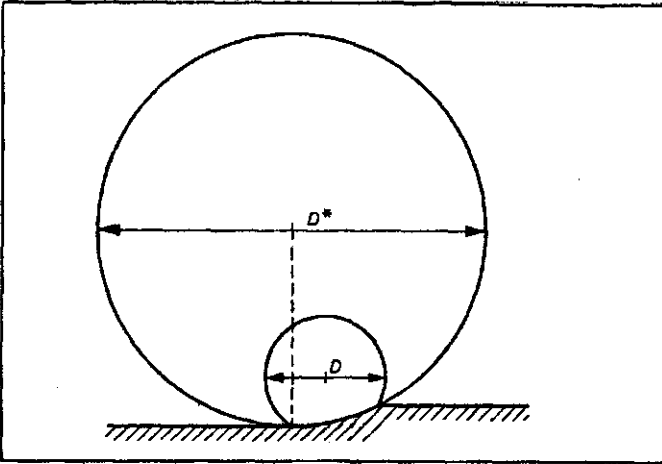
De grond moet over een grotere afstand worden verplaatst en hoopt zich voor de band op, hetgeen een grotere rolweerstand tot gevolg heeft.

Om een grond te kunnen berijden en bewerken is een zekere stabiliteit of draagkracht noodzakelijk. Het vochtgehalte heeft hierop een enorme invloed. Helaas is het vochtgehalte geen hanteerbare maat om grenzen aan te geven, omdat dit sterk afhankelijk is van de grondsoort. Dit geldt tot op zekere hoogte ook nog voor de vochtspanning. De gevoeligheid voor verdichting geeft evenwel een bruikbare maat om deze grenzen aan te geven. Gebaseerd op de doorlatendheid van de grond is een eenvoudig uit te voeren testmethode ontwikkeld, die het verband laat zien tussen druk (verdichting) en doorlatendheid bij diverse vochtgehalten (figuur 7).

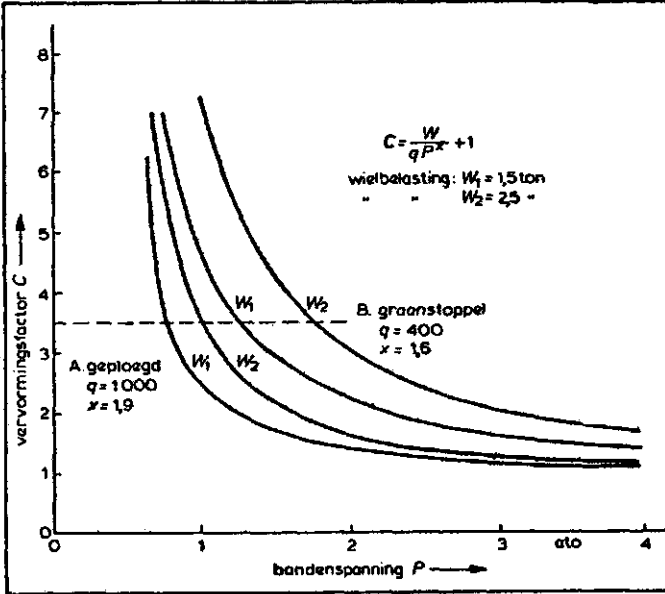
Gebleden is dat bij voorjaarswerkzaamheden op zavel en kleigronden de bewerkbaarheidsgrens ligt rondom punt a in de grafiek. In het begin van het groeiseizoen worden voornamelijk door de tandvormige werktuigen hoge eisen gesteld aan de stabiliteit van de grond.

Wat de banden betreft zou de speling groter kunnen zijn. Toch verdient het aanbeveling om spoorvorming op losse grond zoveel mogelijk te voorkomen, hetgeen neerkomt op een bandenspanning van hooguit 1 bar, waarbij men wel moet bedenken, dat 0,75 bar niet alleen beter maar ook realiseerbaar is.

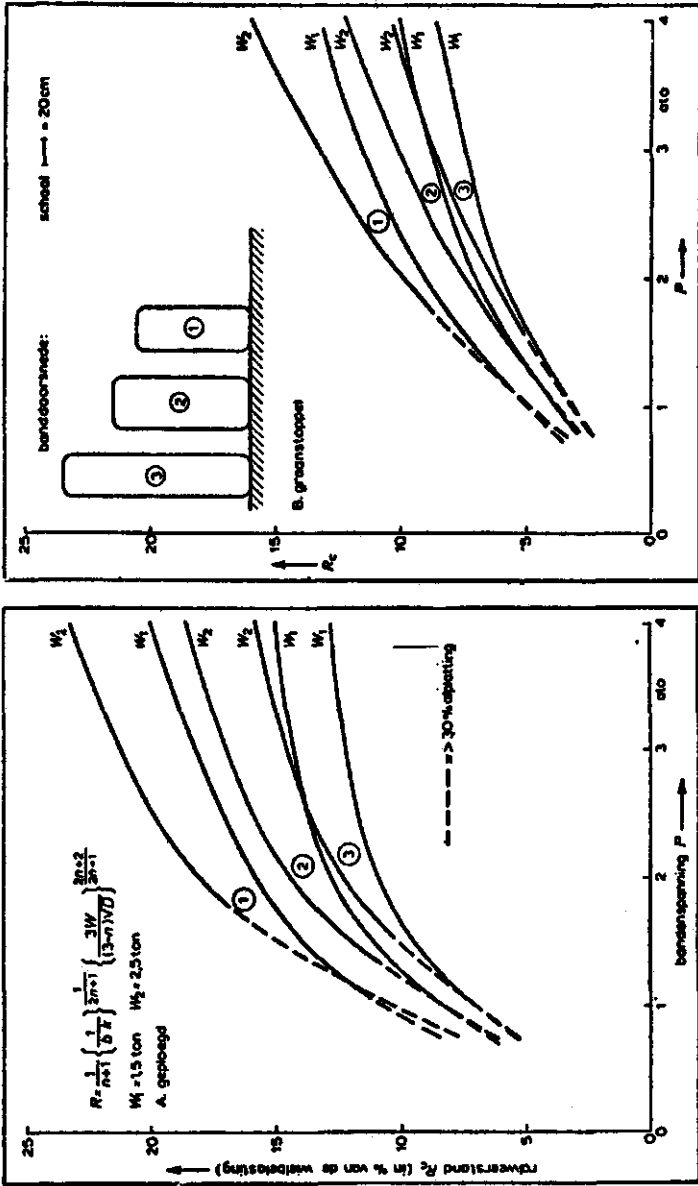
In de herfst wijzigt zich de situatie drastisch. De grond is bezakt en meestal vochtiger, waardoor de stabiliteit afneemt. Dit houdt in dat met inachtneming van de doorlatendheidsgrens van 100 de druk uitgeoefend op de grond onder de 2 kg/cm^2 moet blijven (punt c in de grafiek). In "slechte" jaren met nattere omstandigheden is een druk van 1 kg/cm^2 al aan de hoge kant (punt b in de grafiek). Vertaald in bandenspanningen houdt dit in dat de bovengrenzen in genoemde situaties liggen bij respectievelijk 1,5 en 0,75 bar.



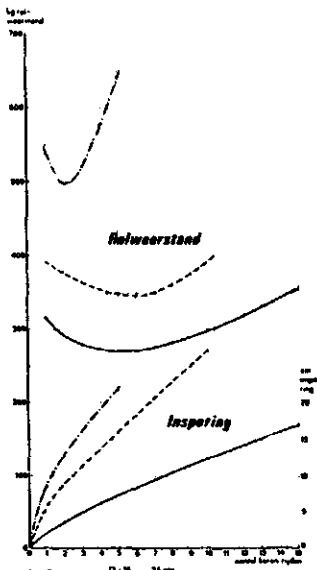
1 Schematische weergave van de flexibele luchtband en het vervangende starre wiel, waarbij $D^* = C \times D$.



2 Het verband tussen de vervormingsfactor C en de bandenspanning P op de percelen A en B.



3 a en b. Het verband tussen rolweerstand en bandenspanning op een geploegd perceel en een graansloepel.



Rolweerstand en insporing bij het herhaaldelijk rijden met landbouwbanden door hetzelfde spoor.



Figuur 4

Invloed van de bandenspanning bij het herhaaldelijk rijden met landbouwbanden door hetzelfde spoor op rolweerstand en insporing.

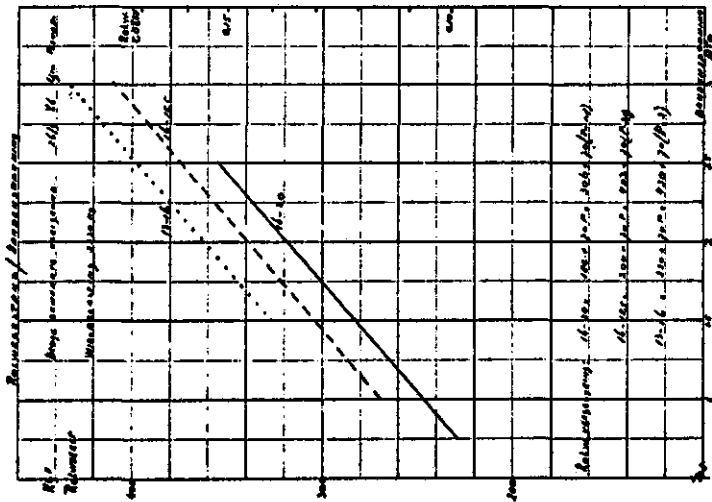


Fig 5 Invloed van de bandbreedte op de rolweerstand onder gunstige omstandigheden

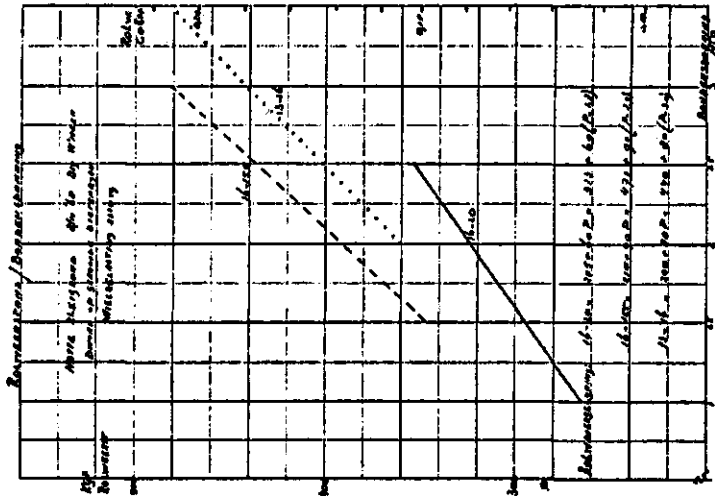
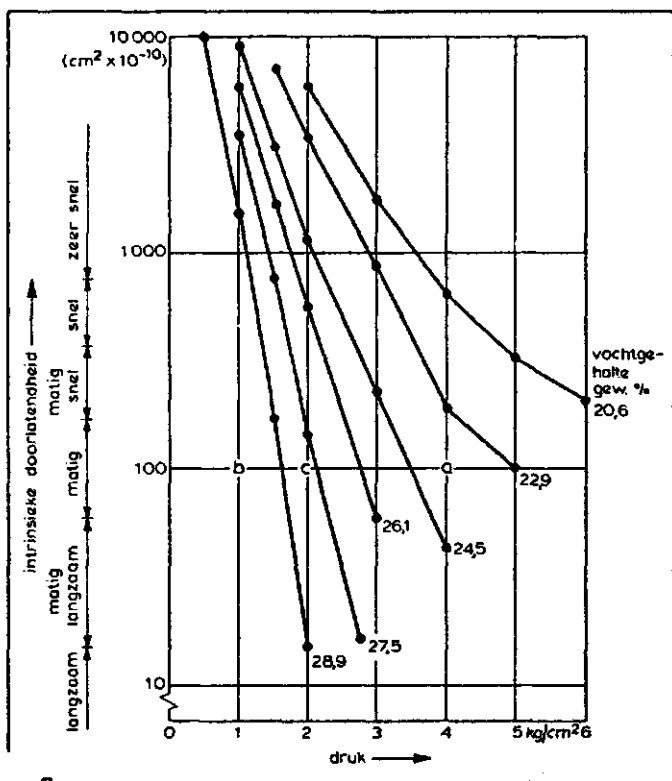


Fig 6 Invloed van de bandbreedte op de rolweerstand onder ongunstige omstandigheden het z.g. bulldozereffect.



Figuur 7

Het verband tussen druk en doorlatendheid bij diverse vochtgehalten voor een perceel zavelgrond te Westmaas.

WORKABILITY AND DRAINAGE

door

Ir. G.P. Wind

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

Introduction

Fertility of a soil, both physical and chemical, is certainly an important factor in determining suitability for agriculture. For modern agriculture the workability is already important and its significance is still growing. In the beginning of this century land prices of the fertile, poorly workable clay soils were twice those of the infertile, well workable sandy soils. Today one can buy two ha clay soil for the selling price of one ha sandy soil in the Netherlands.

Workability has been investigated less than fertility. Workability is affected by a large number of factors, e.g. drainage, structure, soil profile, preceding crop. But the most important factor governing workability is weather. Its influence is so big that one cannot successfully study the effect of other factors if not the influence of weather is investigated first. This has seldom been done because of two reasons: firstly it was impossible to calculate moisture conditions of the topsoil from weather data; secondly it is impractical research, for the weather cannot be controlled.

Now that dynamic models are available of the unsaturated flow of moisture, the first reason has fallen away. It is now possible to calculate moisture condition, and thus workability, over a large number of years. And so it has become possible to investigate the effect of many factors on workability, with natural or standardized weather conditions.

This paper discusses the effect of draindepth and drainage intensity on workability of a loamsoil in spring. For the investigation natural weather conditions were used, and it seems now, that such research is certainly not totally impractical.

Method

Moisture tension in the top 5 cm was calculated during 23 years in the months January to the end of April, 5 times per day. Therefore an analog model of Wind (1972) was used and two numerical models of Van Keulen and Van Beek (1971) and of Wind and Van Doorne (1975).

These models can calculate the moisture condition at every depth and time by combination of the storage function (moisture characteristic) and the transport function of the unsaturated soil with the drainage function. The latter is expressed in depth and intensity.

The initial condition at January first was found by a rough calculation over the preceding eight months. The daily rainfall- and evaporation data of the meteorological station in De Bilt were used of each of the years between 1951 and 1973.

A description of the application of the models, the problems arising and their solution will be published by Wind, early in 1976 in Netherlands Journal of Agricultural Science.

The calculations could be checked by observations in all 23 years on the experimental farm Westmaas, fig. 1. The soil used is a loam soil, thought to be homogeneous, containing 25% clay.

The soil was considered as workable for planting when the top 5 cm had a moisture tension of -100 cm for grains and of -300 cm for potatoes and sugarbeets or when it was drier than these values.

The workable periods were calculated in 23 years for five draindepths and three drainage intensities.

Results

In figures 2 and 3 the effect of drainage intensity on total amount of workable days (criterion: -300 cm) before May first are shown for drain depths 80 and 150 cm below surface. A drainage intensity of $0,01 \text{ day}^{-1}$ means that drainage discharge rate is 1 cm day^{-1} if the groundwater table midway between two drain tiles is 100 cm above the drains. A linear relation between discharge rate and hydraulic head was supposed to exist.

There seems to be but a small influence of drainage intensity on workability in spring. Fig. 3 shows considerable influence below an intensity of $0,003 \text{ day}^{-1}$.

But that has no practical meaning. Thus poorly drained soils are not fit for arable agriculture because of inundations in winter. The design intensities used in the Netherlands' drainage criterion are 0,023 and 0,007 day⁻¹ for resp. 80 and 150 cm drain depth. According to Wesseling (1969) thus drained soils have a groundwater depth of 25 cm occurring once per year.

So in the appropriate range of intensities the choice of the drainage intensity does hardly affect workability in spring.

The effect of drain depth is shown in fig. 4 and 5. These give the amount of days in which the top 5 cm was drier than a moisture tension of 300 cm. In many years the effect appears to be considerable. A single year (1970) showed no workable days before May. Other years had few workable days combined with small effect of drain depth (1959, 1962, 1966). Many years were so dry (e.g. 1968) that even very shallow drainage gave a lot of workable days. In such years increase of workability has not much sense. In about half of the years there is considerable influence of drain depth in a relevant range of workability.

Application

A probability distribution of workable days in dependence of drain depth is shown in fig. 6. This is of course only valid for this loam soil and the weather of the used 23 years in the Netherlands and for the workability-limit of = -300 cm.

The higher the workability, the smaller the required amounts of labour and equipment can be. Farmers will choose these factors so that in only few years (e.g. 2 out of 10) the normal spring works cannot be accomplished in due time. For low probabilities the workability at 150 cm drain depth is about twice that of 80 cm depth. Increasing drain depth from 150 to 200 cm looks not very helpful.

More probability distributions have been made from the model output for every 5-day period in March and April. This will be used in an optimization model by the Institute of Farm Mechanics and Labour (IMAG). From thus obtained knowledge it will be possible to calculate drainage benefits for minimizing farm costs. More workable days means also earlier workability in spring and that means earlier sowing and planting. Primarily the earlier workability of deeply drained soils is caused by their lower moisture content than that of shallow drained soils. This causes a difference of some days in a dry period. This difference is amplified strongly by the irregular rainfall pattern.

Fig. 7 gives the workable periods (-300 cm) during March and April for 4 drain depths in 23 years. The year 1960 has been omitted because the chosen initial condition at January first could influence the results considerably in that year.

In every year the soil was the earlier workable the deeper it was drained. In some years the difference was only small (1951), in other years very big (1955).

The relation between sowing time and yield depression was investigated by Wind (1960). With the aid of this paper and the workable periods given by fig. 7 Van Wijk and Feddes (1975) calculated the yield depressions, caused by lack of workability. They assumed that for sowing summer grains 5 days are required per farm and that sugarbeet and potatoes can be sowed (resp. planted) together in 5 days. Further they assumed that the farmer will use the first 5 available workable days.

The yield depressions thus calculated and averaged over 23 years are given in table 1.

Table 1. Yield depression caused by too late sowing, as a function of drain depth. The data are averaged over the period 1951-1973. After Van Wijk and Feddes

Drain depth cm	Summer grain %	Potatoes and sugarbeet %
40	36	12
80	18	7
100	12	6
150	8	4

The effect of drain depth is larger for summer grains than for potatoes and sugarbeet. This can be explained by the early period in spring in which the former crop is sown. During that time, February and March, evaporation is low and the amount of moisture in soil has big influence on the time which is required to obtain workability.

Potatoes are planted, and sugarbeets are sown not before March 20, because of frost hazard. In that period evaporation is higher and soil moisture has less influence.

Table 1 gives the opportunity to calculate a benefit of drainage. Assuming that in 4 years 1 potato, 1 sugarbeet and 1 summer grain crop occur, and that the value of the yield is 2000 Hfl. ha⁻¹ for summer grains and 4000 Hfl. ha⁻¹ for the other crops, the drainage benefit is 250 Hfl. ha⁻¹. year⁻¹ in the range between 40 and 80 cm depth. For the range 80-100 and 100-150 cm, the benefit is 50 and 60 Hfl. ha⁻¹. year⁻¹ respectively.

These data are not sufficient, they have to be completed with the effect of drainage on farm costs, on workability in autumn, on water damage to crops and soil in winter. Moreover drain depth is a factor in drought damage which may occur in dry years.

Literature

- Keulen, H. van and C.G.E.M. van Beek, 1971. Water movement in layered soils - A simulation model. Neth. J. Agr. Sci. 19: 138-153
- Wesseling, J., 1969. Bergingsfactor en drainagecriterium. ICW Mededeling 118
- Wind, G.P., 1960. Opbrengstderving door te laat zaaien. Landb. Tijdschr. 72: 111-118
- , 1972. A hydraulic model for the simulation of non-heretetic vertical unsaturated flow of moisture in soils. J. Hydr. XV: 227-246
- and W. van Doorne, 1975. A numerical model for the simulation of unsaturated vertical flow of moisture in soils. J. Hydr. 24: 1-20
- , 1976. Application of analog and numerical models for an investigation of the influence of drainage on workability in spring. Neth. J. Agr. Sci. 24(1976)155-172
- Wijk, A.L.M. van and R.A. Feddes, 1975. Invloed van de waterhuishouding op de opbrengst van landbouwgewassen. ICW-nota 867

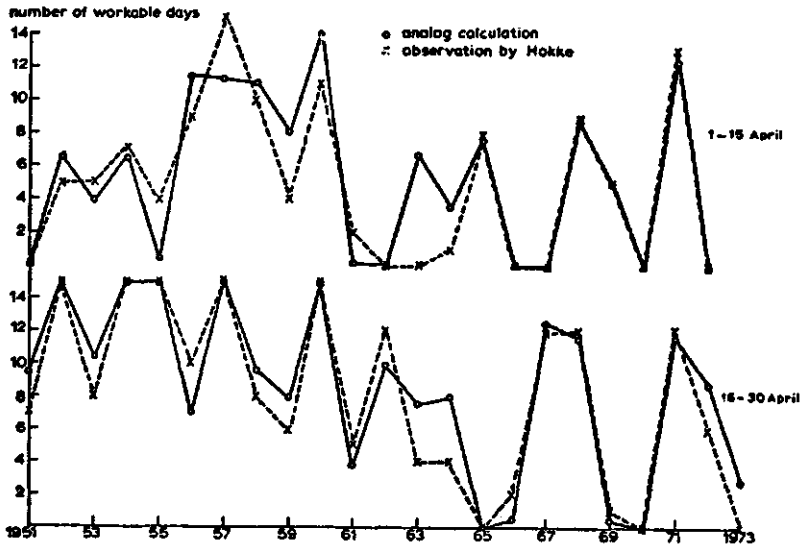


Fig. 1. Observed and calculated numbers of workable days in 23 years

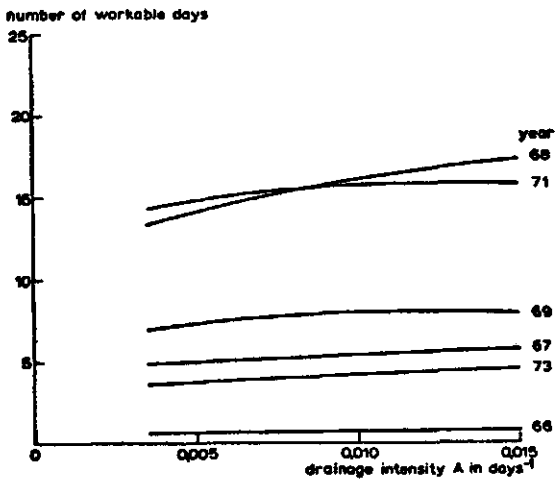


Fig. 2. Effect of drainage intensity on the total amount of days ($\psi < -300$ cm) in March and April for drain depth 80 cm below surface

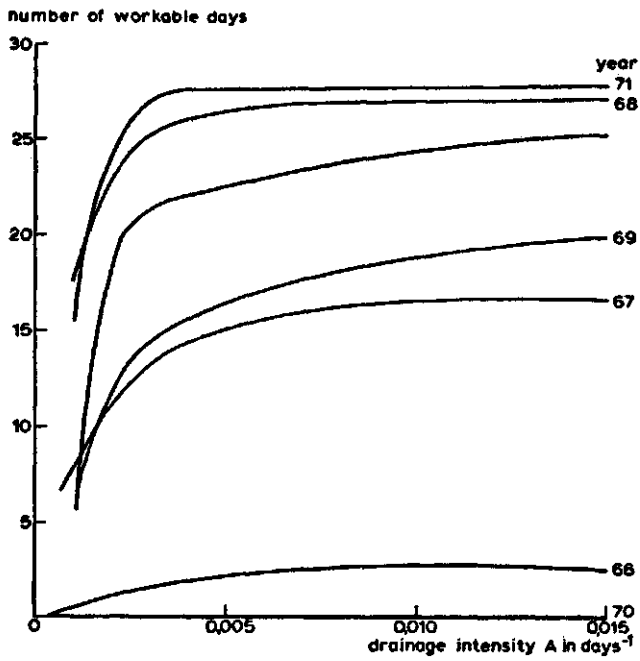


Fig. 3. As fig. 2 for drain depth 150 cm below surface

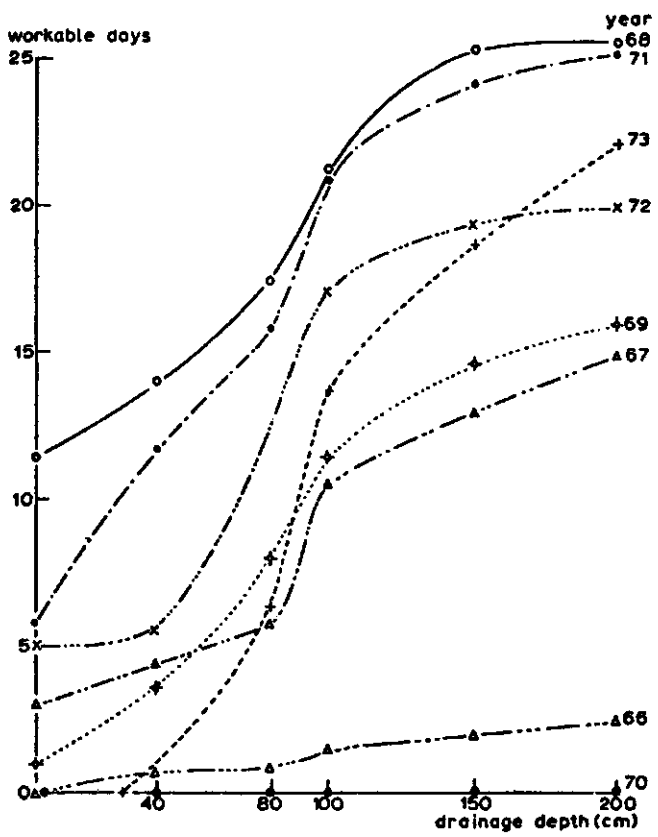


Fig. 4.

Effect of drain depth on the total amount of workable days ($\psi < -300$ cm) in March and April for the last 8 years of calculation

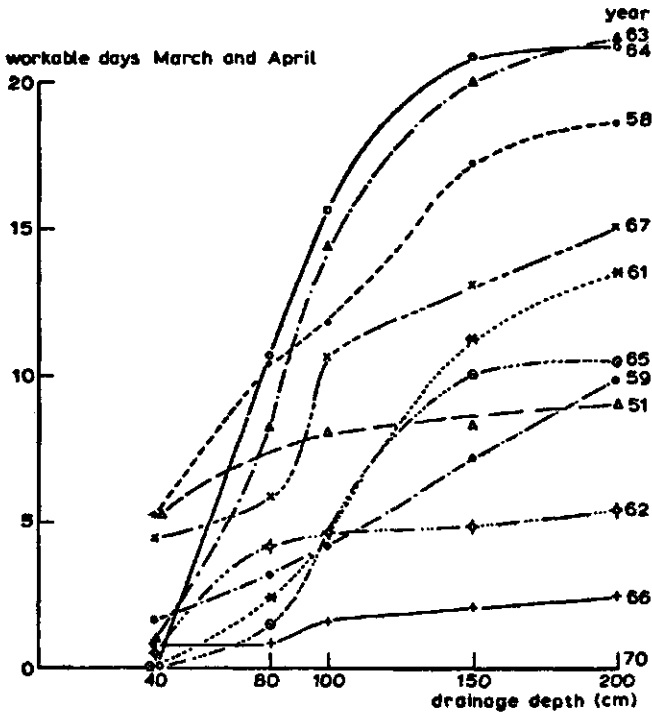


Fig. 5.

As fig. 4, for the years with poor workability of shallow drained soil

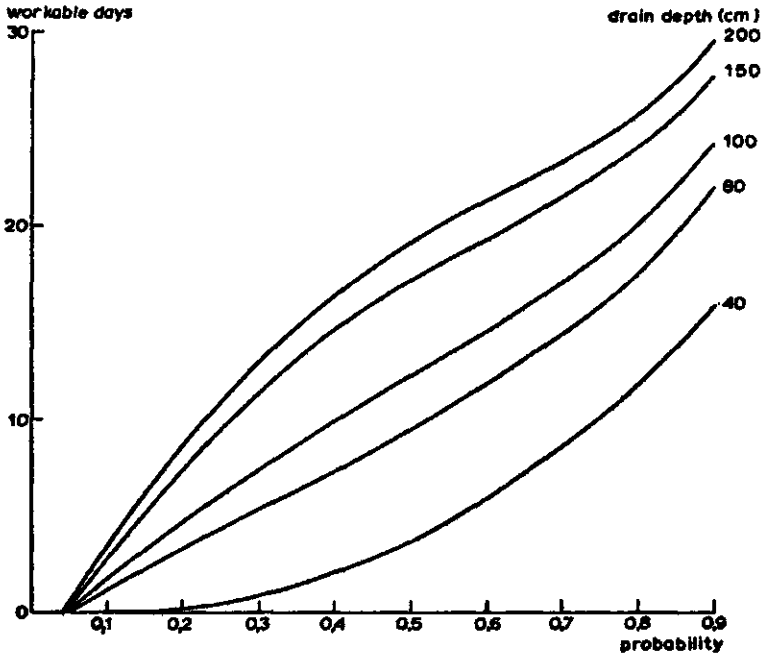


Fig. 6.

Probability distribution of total workability ($\psi < -300$ cm) in March and April

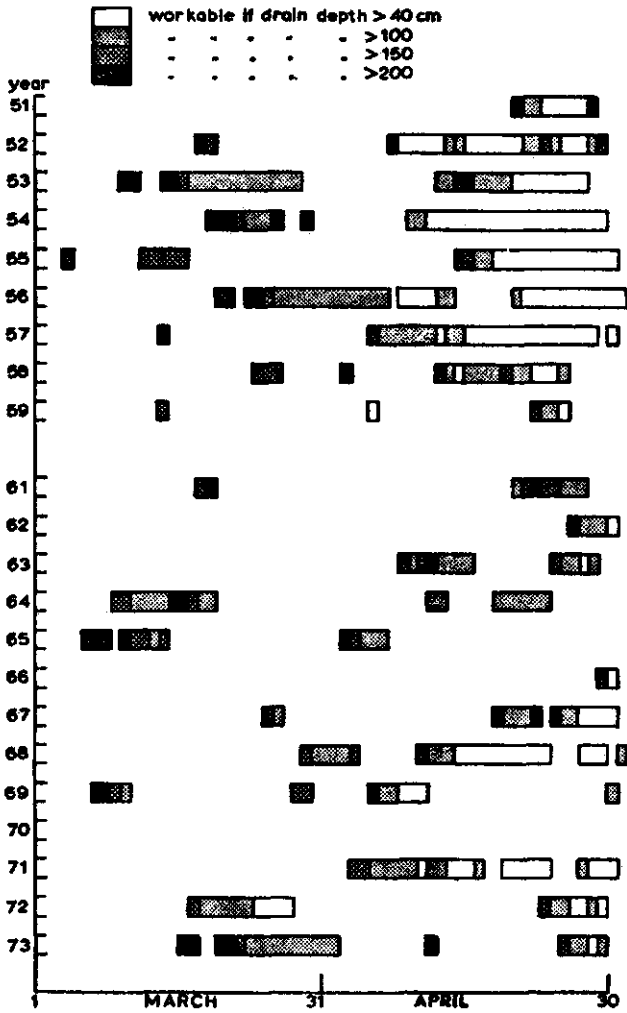


Fig. 7. Workable periods for 4 drain depths ($\psi < -300\text{ cm}$)

WERKBAARHEID BIJ DE OOGST VAN KOOLZAAD EN GRANEN

door

Ing. B. Fokkens
Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders
Lelystad

1 Inleiding

Het vochtgehalte van het gewas, dat van het stro en van de korrels, heeft een grote invloed op de werkbaarheid bij de oogst van koolzaad en granen. De werkbaarheid bij de oogst betreft bovendien niet één activiteit maar meer activiteiten van zeer verschillende aard zoals maaien en dorsen, transport, drogen en opslag. Verder is er niet alleen sprake van werkbaarheid en onwerkbaarheid bij deze activiteiten, maar is er binnen bepaalde grenzen sprake van een beïnvloeding van de te behalen capaciteiten bij de verschillende activiteiten. Zo geldt dat het strovochtgehalte in sterke mate het aantal beschikbare dorsuren bepaalt en dat het korrelvochtgehalte van grote invloed is op de dorscapaciteit in samenhang met de droog- en opslagcapaciteit.

Het vochtgehalte van het gewas is daarentegen sterk afhankelijk van zowel dagelijkse als seizoenmatige weersinvloeden, die bovendien van jaar tot jaar zeer sterk kunnen verschillen. Daarom is, ten behoeve van capaciteitsplanningen op termijnen van enkele dagen, weken en jaren, kennis van de relatie tussen het vochtgehalte van het gewas en de weersomstandigheden noodzakelijk.

2 Vochtgehalte van het gewas onder invloed van het weer

De relatie tussen het vochtgehalte van het gewas en de verschillende weersfactoren is o.a. onderzocht door Van Kampen (3). De gevonden resultaten zullen per onderdeel nader worden beschouwd.

2.1 A f n a m e v a n h e t k o r r e l v o c h t g e h a l t e

Afname van het korrelvochtgehalte vindt plaats onder invloed van straling. De snelheid waarmee het vochtgehalte afneemt, hangt af van de stralingsintensiteit en het beginvochtgehalte van de korrels. Een invloed van de windsnelheid op deze droging kon niet worden vastgesteld. Naarmate het uitgangsvochtgehalte hoger is, is bij een gelijke stralingsintensiteit de drogings-snelheid groter. Haver en koolzaad drogen beduidend sneller dan gerst en tarwe. Voor de onderzochte gewassen zijn op empirische wijze exponentiële relaties tussen deze drogingsnelheid en de stralingsintensiteit (gemeten als circumglobale straling met de bellani pyranometer in cal/cm^2) vastgesteld. Onder punt 2.3. wordt hierop teruggekomen.

2.2. T o e n a m e v a n h e t k o r r e l v o c h t g e - h a l t e

Het korrelvochtgehalte stijgt door neerslag of dauw. Hierbij geldt dat de toename van het korrelvochtgehalte groter is bij een gelijke dauw- of neerslagintensiteit naarmate het beginvochtgehalte lager is.

Ook deze relaties konden in de vorm van exponentiële relaties worden vastgelegd, (zie 2.3.) waarbij de hoeveelheid dauw is uitgedrukt in het aantal nachtelijke uren waarin dauw optreedt en de neerslaghoeveelheid in mm. Voor de neerslagrelatie is verder van belang de duur van de periode waarin deze hoeveelheid neerslag is gevallen.

2.3. W i s k u n d i g e b e s c h r i j v i n g v a n d e r e l a t i e s t u s s e n h e t k o r r e l v o c h t - g e h a l t e e n d e w e e r s f a c t o r e n

De relaties tussen het korrelvochtgehalte en de genoemde weersfactoren kunnen in één formule worden samengevat indien de volgende notaties worden ingevoerd:

- k : beschouwde gewas;
 $p_n(k)$: het vochtpercentage voor gewas k op tijdstip t_n ;
 w_n : in geval van straling ($j_n=1$) de hoeveelheid straling tussen t_{n-1} en t_n in cal/cm^2 ;
in geval van dauw ($j_n=2$) de hoeveelheid dauw tussen t_{n-1} en t_n uitgedrukt in het aantal uren waarin er sprake is van dauw;

: in geval van neerslag ($j_n=3$) de "hoeveelheid" neerslag tussen t_{n-1} en t_n uitgedrukt als de vierkantswortel van het produkt van de mm-neerslag en de tijd in minuten waarin deze is gevallen (i.c. mm x t);

$b(k, j_n)$: constante bij gegeven k en j_n ;

$c(k, j_n)$: constante bij gegeven k en j_n .

De formule voor de berekening van het korrelvochtgehalte $f_n(k)$ op het tijdstip t_n uit het beginvochtgehalte $p_{n-1}(k)$ op het tijdstip t_{n-1} kan in zijn algemene vorm als volgt worden geschreven.

$$p_n(k) = b(k, j_n) - (b(k, j_n) - p_{n-1}(k))e^{-c(k, j_n)w_n}$$

waarvoor de constanten $b(k, j_n)$ en $c(k, j_n)$ gespecificeerd zijn in tabel 1.

Tabel 1. De waarden voor $b(k, j_n)$ en $c(k, j_n)$

Gewas k	Weersfactor j	straling (j=1)		Dauw (j=2)		Regen (j=3)	
		$b(k, j_n)$	$c(k, j_n)$	$b(k, j_n)$	$c(k, j_n)$	$b(k, j_n)$	$c(k, j_n)$
koolzaad (k=1)		0	.00298	44	.00645	44	.01559
gerst (k=2)		0	.00115	37	.01727	34	.03005
haver (k=3)		0	.00203	44	.01266	51	.01652
tarwe (k=4)		0	.00110	30	.02230	60	.00605

Uit deze waarden en de aard van de exponentiële functies valt af te leiden dat door straling het korrelvocht in principe tot 0% kan dalen voor alle gewassen en dat afhankelijk van regen en dauw en afhankelijk van het gewas het korrelvocht tot een bepaalde maximumwaarde kan stijgen.

2.4. R e l a t i e t u s s e n k o r r e l v o c h t g e h a l t e e n s t r o v o c h t g e h a l t e

Omdat als onderdeel van het oogstproces de werkbaarheid voor het dorsen afhangt van het strovochtgehalte en de overige capaciteiten van het korrelvochtgehalte is, om tot één bepalende factor voor alle capaciteiten te kunnen komen, door van Kampen (3) een relatie gezocht tussen het korrel- en strovochtgehalte. Hij vond hiervoor een significant lineaire relatie zodat ook de dorscapaciteit aan het korrelvochtgehalte mag worden gerelateerd.

Deze relatie kon worden gevonden door capaciteitsmetingen bij verschillende korrelvochtgehalten.

3. Simulatie van het korrelvochtgehalte en toepassingsmogelijkheden

Door een oogstperiode van een willekeurige lengte te beschouwen als een opeenvolging van aaneengesloten perioden met òf regen òf straling òf dauw waarvan bovendien de hoeveelheden, uitgedrukt in de genoemde eenheden (2.3.), bekend zijn, kan met behulp van de onder punt 2.3. genoemde formule het continue verloop van het korrelvochtgehalte van een gewas worden gesimuleerd. Door Van Kampen (3) is dit toegepast voor de vier gewassen koolzaad, gerst, haver en tarwe, en wel voor de gemiddelde oogstperioden van deze gewassen met bekende weergegevens over een periode van 36 jaar (1931-1967). Hieruit heeft hij het qua werkbaarheid gemiddeld aantal beschikbare maaidorsuren berekend afhankelijk van drie vochtclassen. De resultaten hiervan zijn weergegeven in tabel 2.

Tabel 2. Gemiddeld beschikbare maaidorsuren voor drie vochtclassen in koolzaad, gerst, haver en tarwe over 36 jaar (1931-1967)

Gewas	Periode	koolzaad graan	Vochtgehalte			Totaal	
			10% 19%	10-14% 19-23%	14-18% 23-28%		
koolzaad	22/7- 7/8	56	20	13	89	+ 21	
gerst	7/7-17/8	16	14	14	44	+ 22	
haver	17/8- 6/9	75	17	20	112	+ 33	
tarwe	17/8- 6/9	56	34	27	117	+ 24	

Het gebruik van deze uitkomsten is simpel maar de waarde beperkt, gezien de grote (standaard) afwijkingen.

Reeds in een eenvoudige vorm door Van Kampen (3) en later in een uitgebreidere vorm door de schrijver is een oogstsimulatiemodel ontwikkeld waarmee een continue simulatie van de oogst op basis van een direct gesimuleerd korrelvochtgehalte plaats kan vinden. Met dit model wordt thans bij de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders op drie planningsniveaus, onderscheiden naar termijn en soort capaciteit de oogst van 20.000 ha koolzaad en granen begeleid. Zie hiervoor o.a. Hagting (2).

Verder bestaat nog de mogelijkheid om door middel van simulatie van het korrelvochtgehalte, over een aantal jaren op de omschreven wijze, cumulatieve relatieve frequentie tabellen op te stellen met betrekking tot de over- en onderschrijdingskansen van een bepaald werkbaarheidspercentage.

Onder andere door Van Elderen en Van Hoven (1) zijn de uitkomsten van de op omschreven wijze verkregen korrelvochtgehalten getoetst aan de uitkomsten van andere beschrijvende modellen, één verklarend model en de werkelijk gemeten waarden. Hieruit bleek dat aan de te toetsen uitkomsten een grote betrouwbaarheid mag worden toegekend.

4. Slotopmerking

De toegepaste benaderingswijze van de bepaling van de werkbaarheid voor de oogst van koolzaad en granen leent zich in het algemeen goed voor die soorten van (oogst)werkzaamheden en gewassen, waarbij de gewaseigenschappen als afgeleide van de weersfactoren een voorname rol spelen. De wijze waarop de verkregen werkbaarheid is verwerkt is niet alleen toepasbaar of aanbevelingswaardig voor de geschetste werkzaamheden, maar kan ook van groot belang zijn bij het verwerken van de werkbaarheidsfactoren voor die werkzaamheden waarbij de bodemomstandigheden eventueel in combinatie met de gewasomstandigheden bepalend zijn voor de werkbaarheid.

Literatuur

1. Van Elderen, E. en van Hoven S.P.J.H. Moisture content of wheat in the harvesting period. Journal of Agriculture Engineering Research. (1973) 18: 71-93.
2. Hagting, A. Managing large-scale harvesting operations on a grain farm by means of computerized optimization models. Paper for the XVIII International Congress of Scientific Work Organisation in Agriculture, Hongarije, 1976.
3. Van Kampen, J.H. Optimizing harvesting operations on a large scale grain-farm. Proefschrift L.H., Wageningen, 1968.

ONDERZOEK NAAR WERKBAAR EN ONWERKBAAR WEER BIJ
VELDWERKZAAMHEDEN, TEN BEHOEVE VAN HET IN
CULTUUR BRENGEN VAN JONGE POLDERGROND

door

Ing. N.F. van der Kant
Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders

1 Inleiding

Het huidige werkgebied van de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders (R.I.J.P.) ligt nagenoeg geheel in Zuidelijk Flevoland. Deze polder heeft een totale oppervlakte van ca. 43.000 ha. De R.I.J.P. heeft o.a. tot taak om de gronden geschikt te maken voor landbouwkundig- en recreatief gebruik.

De voor de landbouw bestemde gronden worden na de ontginning ca. 5 jaar met gewassen beteeld alvorens uitgifte aan particulieren plaatsvindt.

Op gronden o.a. bestemd voor beplantingen en stedegebouwen kan dit meer jaren duren.

Binnen de R.I.J.P. is de Cultuurtechnische Afdeling belast met:

1. De ontginning van de gronden.
2. De uitvoering van de tijdelijke landbouwkundige exploitatie (Groot-landbouwbedrijf).
3. De aanleg en het onderhoud van beplantingen en recreatie-objecten.

De taak van het onder 2 genoemde Grootlandbouwbedrijf kan als volgt worden omschreven:

- a. het opleveren van de grond in een toestand waarbij de definitieve bestemmingen zo goed mogelijk kunnen worden verwezenlijkt;
- b. indien voor het bereiken van de juiste toestand van de grond vooraf een landbouwkundige exploitatie noodzakelijk is, moet deze exploitatie worden gevoerd op een wijze waarbij het voordelig verschil tussen opbrengsten en kosten zo groot mogelijk is.

De grondsoort waarop het Grootlandbouwbedrijf wordt uitgeoefend bestaat hoofdzakelijk uit klei, is vooral in de beginjaren zwaar doorgroeid met rietwortels en in veel gevallen slecht begaanbaar.

In de eerste jaren zijn de kavels begreppeld op onderlinge afstand van 12 m, daarna wordt drainage aangelegd. De totale oppervlakte in tijdelijke landbouwkundige exploitatie varieert van jaar tot jaar enigszins en bedraagt ca. 20.000 ha.

In 1976 was de oppervlakte netto 20.845 ha; hierop werden de volgende gewassen verbouwd:

Wintertarwe	6293 ha
Zomertarwe	297 "
Zomergerst	4108 "
Haver	1720 "
Koolzaad	6503 "
Zaaiklaar verhuurd (vlas e.d.)	1280 "
Gras, Luzerne e.d.	59 "
Onbezaaid e.d.	585 ha

Het machinepark dat voor de uitvoering van de werkzaamheden beschikbaar is, bestaat uit:

- Rupstrekkingers
- Wieltrekkingers 60 pk, tweewielaangedreven
- " 100 pk, tweewielaangedreven
- " 100 en 200 pk, vierwielaangedreven
- Maaidorsers
- Zwadmaaiers

en verder bijbehorende werktuigen als:

ploegen, schijveneggen, cultivatoren, zaaimachines, kunstmeststrooiers enz.

Voor het aanleggen van drainage en het uitvoeren van bespuitingen tegen ziekten en plagen, worden loonwerkers ingezet.

2 Gegevens werkaanbod

2.1. O p z e t

Teneinde het trekkers- en werktuigenpark qua omvang en soort goed te kunnen samenstellen en bij de inzet een zo hoog mogelijke produktie te behalen, is kennis van de werkbaarheid onontbeerlijk. Onder werkbaarheid wordt hier verstaan, de mogelijkheid om in verband met de weersgesteldheid of de gevolgen daarvan op de grond en/of het gewas, veldwerkzaamheden uit te voeren.

Bij het Grootlandbouwbedrijf zijn daartoe allereerst de perioden bepaald waarin de werkzaamheden moeten worden verricht. Tabel 1 geeft een (gedeeltelijk) overzicht van de werkzaamheden t.b.v. de teelt van koolzaad.

In het volgende wordt op punt 1.4. met tabel 1, nl. kunstmeststrooien, nader teruggekomen.

Vanaf 1965 is van de belangrijkste werkzaamheden de werkbaarheid per dag en per uur bijgehouden. Dit betreft o.a.:

- zaai- en wintervoorploegen
- zaaien van granen en koolzaad
- stikstof strooien op diverse gewassen
- koolzaad in het zwadmaaien (dorsen wordt op een andere wijze benaderd)
- diverse werkzaamheden voor beplantingen

Voor werkzaamheden zoals greppels en sloten opschonen zijn geen waarnemingen verricht, hiervoor wordt de werkbaarheid van andere werkzaamheden afgeleid. Voor het bepalen van de werkbaarheid worden afhankelijk van de soort werkzaamheden één of meer van de volgende invloedsfactoren onderscheiden:

- neerslag
- natte grond
- nat gewas
- vorst
- te donker
- teveel wind
- mist

2.2. U i t v o e r i n g v a n d e w a a r n e m i n g e n

Voor het vaststellen van het aantal (percentage) werkbare uren wordt jaarlijks, over een periode die ruimschoots langer, zowel naar voren als naar achteren, is dan in tabel 1 genoemd, door drie opzichters belast met de uitvoering van de veldwerkzaamheden per dag en per uur de werkbaarheid en onwerkbaarheid genoteerd. Wanneer de werkzaamheden voor het einde van de waarnemingsperiode gereed zijn, wordt toch gedurende de resterende dagen genoteerd of uitvoering van het werk indien nodig mogelijk zou zijn geweest. Voor het noteren van deze gegevens wordt gebruik gemaakt van een standaard formulier; zie form. 1 als voorbeeld. Naast de oorzaken van eventuele onwerkbaarheid wordt op het formulier ook vermeld met welk soort machine of werktuig het werk is uitgevoerd. Soort en type trekker of werktuig kunnen nl. van grote invloed zijn op de werkbaarheid. De aldus ingevulde formulieren worden centraal verwerkt.

3 Gebruik van de gegevens

De gegevens van de "in het veld" ingevulde basisstaten worden gerecapituleerd en verwerkt tot eindoverzichten met de gemiddelde werkbaarheid per decade. Jaarlijks worden de in het afgelopen jaar verkregen cijfers toegevoegd en wordt opnieuw een gemiddelde bepaald over alle waargenomen jaren, zie tabel 2. In tabel 2 is de werkbaarheid weergegeven voor stikstof strooien op koolzaad. Deze cijfers geven per decade aan hoeveel % van de werktijd in de periode van 1 maart t/m 15 mei werkbaar was. Voor direct gebruik in de praktijk is dit gegeven, in dit geval waar het kunstmeststrooien betreft, minder geschikt. Om verschillende redenen (plantenteeltkundige e.d.) wordt aangenomen dat stikstof in ca. 3 aaneengesloten kalenderweken moet worden toegediend en dat dit over de hele periode van 1 maart t/m 15 mei kan voorkomen. Om nu een meer op de praktijk afgestemd werkbaarheidspercentage te krijgen zijn van de basisgegevens alleen de cijfers gebruikt die betrekking hebben op de dagen waarop werkelijk is gestrooid. De resultaten van deze berekening zijn weergegeven in tabel 3. Uit tabel 3 blijkt dat het werkbaarheidspercentage hoger ligt dan het totaal gemiddelde in tabel 2. Dit is verklaarbaar omdat met strooien wordt begonnen wanneer gunstige omstandigheden zijn ingetreden en worden verwacht. Het is van het grootste belang dit onderscheid te maken, in verband met het vaststellen van het aantal trekkers en werktuigen dat in een bepaalde periode voor een werk moet worden ingezet of beschikbaar blijft voor andere werkzaamheden. Tenslotte geeft tabel 4 een overzicht van de werkbaarheid van zaai- en wintervoorploegen met 100 pk vierwielaangedreven trekkers in 1975, over de periode van 1 oktober t/m 31 december. Deze laatste tabel is een voorbeeld van een werkzaamheid, waarbij geen beperkingen worden gesteld zoals bij stikstofstrooien en alle werkbare uren in de gehele periode zonodig mogen worden benut. In dit soort gevallen worden de gegevens per decade gebruikt.

Tabel 1. Tijdsperioden voor de uitvoering van de werkzaamheden bij O. en E.

Werkzaamheden	Perioden
<u>1. Koolzaad</u>	
<u>1.1. Grondbewerking</u>	
1.1.1. Ontginningsland (met Dalapon bespoten)	
. Rietstoppel 2 x schijfeggen	1/6 - 8/8
. Vlak voor zaaien 1 x schijfeggen	8/8 - 1/9
1.1.2. Gerststoppelland	
. Zaaivoorploegen	5/8 - 1/9
. Vlak voor zaaien 1x schijfeggen	14/8 - 1/9
<u>1.2. Zaaien</u>	
1.2.1. Ontginningsland	15/8 - 1/9
1.2.2. Gerststoppelland	12/8 - 1/9
<u>1.3. Bestrijding</u>	
. Kevers en aardvlo	1/9 - 1/10
. Zomergerstopslag (met IPC)	15/1 -15/2
. Zomergerstopslag (met Dalapon in de herfst)	
. Muur	15/1 -15/2
. Andere onkruiden	5/5 -21/5
<u>1.4. Kunstmeststrooien</u>	
Stikstof : gerststoppelland na schijfeggen/ zaaien (ca. 150 kg)	12/8 - 1/9
: gehele areaal	5/3 -15/4

Tabel 2. Percentage werkbaar en onwerkbaar weer tijdens stikstof (N) strooien op koolzaad over de jaren 1966 t/m 1975.

Waarnemingsper. 1 mrt t/m 15 mei

Periode	% werkbare uren van			% onwerkbare uren wegens (06.00 - 20.00 uur)						dgn waarop is gestr. % v.d. waarn. dagen	gem. aantal mm. neer- slag
	07.00 tot 17.00 uur	06.00 tot 07.00 17.00 tot 20.00 uur	06.00 tot 20.00 uur	regen	natte grond	vorst	te donker	nat ge- was	harde wind		
Maart											
1e decade	20,3	7,7	16,7	4,9	45,0	13,8	17,8	0,2	1,5	14,5	9,4
2e decade	40,2	23,4	35,4	8,1	38,9	4,3	11,9	0,0	1,3	34,4	14,8
3e decade	50,7	40,9	47,9	12,3	29,8	0,4	5,9	0,9	1,6	30,7	16,3
April											
1e decade	36,7	33,9	35,9	17,1	43,0	0,2	1,5	0,3	1,7	13,5	23,1
2e decade	59,5	59,0	59,4	10,8	28,1	0,1	0,2	0,3	1,3	16,8	20,3
3e decade	81,2	70,5	80,9	5,0	10,7	0,0	0,0	2,3	1,0	16,9	13,7
Mei											
1e decade	77,6	76,6	77,2	8,4	7,4	0,0	0,0	4,7	1,4	8,1	13,4
2e decade	83,7	83,0	83,6	4,9	2,9	0,0	0,0	4,3	0,5	4,0	6,1
Totaal periode	59,1	47,2	51,8	9,5	28,0	2,5	5,2	1,5	1,5	18,5	104,2

Tabel 3. Werkbaarheid in procenten per periode per jaar en gemiddeld over de jaren bij kunstmest strooien op koolzaad.

omschrijving	werkbare uren	uren tussen 07.00 - 17.00 uur	werkbaar in %
1967 6-3 t/m 24-3	140	150	93
1968 11-3 " 29-3	96	150	64
1969 24-3 " 12-4	94	150	62
1970 13-4 " 1-5	92	150	62
1971 15-3 " 2-4	103	150	69
1972 6-3 " 24-3	121	150	81
1973 12-3 " 30-3	144	150	90
1974 25-3 " 11-4	137	140	97
1975 10-4 " 29-4	94	140	70
1976 1-3 " 19-3	85	150	75
Totaal gem.	1.106	1.480	75

Tabel 4. Percentage werkbaar en onwerkbaar weer tijdens zaai en winter voor-
ploegen met 100 PK vierwielangedreven wiertrekkers over de jaren
1975.

Waarnemingsper. 1 okt. t/m 31 dec.

Periode	% werkbare uren van			% onwerkbare uren wegens (06.00 - 20.00 uur)				tot. aant. dgn waarop is geploegd. % v.d. waarn. dagen	gem. aantal mm neer- slag
	07.00 tot 17.00 uur	06.00 tot 07.00 17.00 tot 20.00 uur	06.00 tot 20.00 uur	regen	natte grond	vorst	te donker		
Oktober									
1e decade	100,0	25,0	78,6	0,0	0,0	0,0	21,4	12,5	3,7
2e decade	99,0	17,5	76,4	0,0	0,0	0,7	23,6	83,0	10,8
3e decade	98,6	3,9	71,6	0,8	0,0	0,0	27,6	100,0	1,0
November									
1e decade	91,0	0,0	65,0	2,6	0,0	0,0	32,4	100,0	11,2
2e decade	81,7	0,0	58,4	3,2	0,0	0,0	38,8	100,0	41,6
3e decade	70,3	0,0	50,2	7,4	0,0	0,9	41,4	93,3	22,3
December									
1e decade	78,0	0,0	55,7	1,4	0,0	0,0	42,7	72,5	29,8
2e decade	22,8	0,0	16,3	0,0	0,0	40,8	42,9	8,6	1,2
3e decade	71,3	0,0	50,9	6,2	0,0	0,0	42,9	13,3	4,4
Totaal periode	79,9	5,3	58,7	2,2	0,0	4,5	34,6	46,7	126,2

Datum: _____

Bedrijf: _____

Gewas: _____

Grondsoort: _____

Uur van de dag		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Werkbaar																
Onwerkbaar wegens	Neerslag															
	Natte grond															
	Vorst															
	Te donker															
	Nat gewas															
	Te veel wind															

1) Heden gestrooid Ja - Neen

Indien niet, reden waarom:

Gebruikte kunstmeststrooier: _____ Strooibreedte: _____

" trekker: _____

1) Vorm van neerslag: regen - motregen/mist - buien - stortregen - hagel/sneeuw

Hoeveelheid neerslag: _____ mm op bovengenoemde datum (om 8.40 uur 's-morgens opmeten)

Eventuele bijzonderheden:

Aanduiding werkbaar of onwerkbaar dient te geschieden door een streepje in het betreffende vakje te plaatsen. De periode van waarneming loopt van 1 maart tot 15 mei 197 .

1) Doorhalen wat niet van toepassing is.

Y 106/71/302

16-2/SV

KANSVERDELINGEN VAN WERKBARE UREN VOOR DE GRAANOOGST

door

Ing. J.H. Portiek

Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen

Wageningen

1 Waarnemingen van werkbare uren voor maaidorsen

Een uur wordt hier werkbaar voor maaidorsen genoemd als het in dat uur niet regent, het gewas uitwendig droog is en de korrel- en strovochtgehalten beneden te kiezen maxima liggen.

Met een model van Van Elderen en Van Hoven (1) is het vochtverloop van een maaidorsrijpe tarwe van uur tot uur berekend uit de weergegevens: regenval, bewolkingsfractie, dampdruk, temperatuur, straling en windsnelheid. Dit is gedaan voor de periode 16 juli - 30 september in de jaren 1957 t/m 1968 met de weergegevens van De Bilt. Gedefinieerd op de output van dit model is een uur werkbaar voor maaidorsen als:

- de neerslag $\leq 0,1$ mm (neerslag gegeven los van het model)
- het aanhangend vocht aan stengel en aar $\leq 0,5$ kg/ha
- de optredende condens, gemiddeld over stengel en aar, $\leq 0,5$ kg/ha
- het korrelvochtgehalte $\leq q = 17, 19, 21, 23, 25$ of 27%

Hierbij wordt aangenomen dat, als het korrelvochtgehalte voldoet aan het criterium, het strovochtgehalte niet beperkend is.

Door de regencijfers en de berekende vochttoestand van het gewas te vergelijken met de gestelde criteria, zijn waarnemingen van werkbare uren verkregen. Binnen de periode 16 juli - 30 september zijn deelperioden beschouwd van één of meer halve maanden. In elke deelperiode is nog onderscheid gemaakt naar delen van het etmaal waarin de werkbare uren zijn waargenomen.

Tabel 1 geeft de cumulatieve relatieve frequentieverdelingen van de waarnemingen in alle uren in perioden van twee halve maanden. Tabel 2 geeft de gemiddelde verhoudingen waarin de werkbare uren per periode in vier etmaal-delen van elk zes uur voorkwamen.

In september kwamen gemiddeld minder werkbare uren voor dan in augustus (tabel 1). Dat is niet zo verwonderlijk omdat de regenval (waardoor het gewas nat wordt) in beide maanden ongeveer gelijk is, terwijl de zonne-energie (voor het drogen) in september al heel wat lager is dan in augustus. De spreiding in het aantal werkbare uren bleek in september groter te zijn dan in augustus.

Opvallend is dat in een periode in de uren tussen 6.00 en 18.00 uur niet meer dan 55 à 60% van alle werkbare uren in die periode voorkwam. Mooi is ook te zien dat de meeste werkbare uren voor maaidorsen na 's middags 12 uur zijn te verwachten (tabel 2). (Een uitvoeriger bespreking is te vinden in Portiek (2) en (3)).

2 Kansverdelingen van werkbare uren

Het systeem dat werkbare uren voortbrengt bestaat uit een grond, een gewas, een klimaat en een boer.

De boer kiest de normen waaraan grond, gewas en klimaat in een uur moeten voldoen om dat uur werkbaar te noemen. Deze normen of werkbaarheidscriteria kunnen van boer tot boer verschillen, zodat een aantal keuzemogelijkheden (zoals hier de korrelvocht-criteria) in het onderzoek moeten worden betrokken.

Grond en gewas vormen het systeem dat, met het weer als stochastische input, de vochttoestanden van het gewas als output heeft. Hier is steeds van hetzelfde gewas (en impliciet de grond) uitgegaan: het model van Van Elderen en Van Hoven (1). Het klimaat is het systeem dat het weer in een tijdsinterval of periode voortbrengt.

Dit klimaat wordt door de jaren heen constant verondersteld, d.w.z.: de simultane kansverdelingen van de gedefinieerde weersvariabelen in een gegeven periode in verschillende jaren zijn gelijk en onderling onafhankelijk verondersteld. De waarnemingen van de aantallen werkbare uren in de verschillende jaren (gegeven plaats en periode) bij gegeven vaste werkbaarheidscriteria zijn bij dit model onderling onafhankelijk en identiek verdeelde kansvariabelen. De cumulatieve relatieve frequentieverdeling van de jaarlijkse waarnemingen is een goede schatter voor de cumulatieve kansverdeling van het aantal werkbare uren in een (toekomstig) jaar.

3 Nauwkeurigheid van de schattingen van de kansverdelingen

De schattingen van kansverdelingen van werkbare uren, zoals in tabel 1 gegeven, kunnen gebruikt worden voor het nemen van bedrijfsbeslissingen. Wanneer, bijvoorbeeld, de kostenfuncties van maaidors- en/of droogcapaciteit en te bewer-

ken oppervlakte bekend zijn dan kunnen, met deze kansverdelingen, te verwachten risico's berekend worden op grond waarvan de boer (of loonwerker) zijn machine-en/of bouwplankeuze kan optimaliseren.

Belangrijk is nu de vraag hoe nauwkeurig de kansverdelingen zijn geschat. Als maat voor de nauwkeurigheid van de schattingen in tabel 1 zijn hier 95%-betrouwbaarheidsintervallen voor 12 corresponderende procentpunten genomen (tabel 3). Het p-procentpunt is het maximum aantal werkbare uren dat in een jaar met kans p% kan voorkomen. De schatting van het $\frac{100i}{12}$ -procentpunt is de i-de waarneming van de in volgorde van grootte gerangschikte waarnemingen, (de kolom onder i/12 in tabel 1), $i = 1, 2, \dots, 12$).

Projecteren we deze betrouwbaarheidsintervallen op tabel 1, dan zien we dat de nauwkeurigheid van de schattingen, mede dankzij de enorme spreiding, veel te wensen overlaat.

Dit roept een dubbele vraag op: (a) hoe kan deze nauwkeurigheid worden verbeterd en (b) welke nauwkeurigheid is vereist.

De nauwkeurigheid van de schattingen wordt bepaald door het aantal waarnemingen en het onderliggende schattings- en toetsingsmodel. Verbetering is dus mogelijk door meer waarnemingen te doen en/of te zoeken naar een beter model, (beter wil zeggen: efficiënter 'ontsluiten' van informatie uit de waarnemingen).

Welke mate van nauwkeurigheid nodig of wenselijk is moet door de boer, althans: binnen bedrijfsbeslissingsmodellen, worden uitgemaakt.

Onderzoek naar de vergroting van de nauwkeurigheid en het vaststellen van eisen aan die nauwkeurigheid vraagt veel tijd, geld en moeite. Het kan evenwel lonend zijn, gezien de verstrengeling van werkbaarheid en landbouw en de belangen die in de huidige landbouw aan goede informatie zijn verbonden.

Literatuur

- Elderen, E. van & S.P.J.H. van Hoven. Moisture content of wheat in the harvesting period. J. Agric. Enging. Res., (1973) 18.
Portiek, J.H. Werkbare uren voor de graanoogst. IMAG, publ. 34, 1975.
idem Workable time and the weather. IMAG, Res. Rep., in voorbereiding.

Tabel 2. De gemiddelde aantallen werkbare uren voor maaidorsen in perioden van twee halve maanden in vier etmaal delen van 6 uur in procenten van het gemiddelde aantal in zo'n periode in alle uren, bij maximale korrelvochtgehaltes 17, 19, 21, 23, 25 en 27%. De Bilt; gemiddelde over de jaren 1957 - 1968.

	etmaal delen	Maximum korrelvochtgehaltes (%)					
		17	19	21	23	25	27
16 juli-15 aug.	0 - 6 uur	12	12	11	11	12	11
	6 -12 uur	21	20	23	25	25	25
	12 -18 uur	33	36	36	36	35	36
	18 -24 uur	34	32	30	28	28	28
	0 -24 uur	100	100	100	100	100	100
1 aug.-31 aug.	0 - 6 uur	14	12	11	11	11	11
	6 -12 uur	17	18	22	24	24	24
	12 -18 uur	35	38	37	37	37	38
	18 -24 uur	34	32	30	28	28	27
	0 -24 uur	100	100	100	100	100	100
16 aug.-15 sept.	0 - 6 uur	16	14	13	12	12	12
	6 -12 uur	21	19	22	22	22	22
	12 -18 uur	33	38	38	39	40	41
	18 -24 uur	30	29	27	27	26	25
	0 -24 uur	100	100	100	100	100	100
1 sept.-30 sept.	0 - 6 uur	18	16	15	14	13	13
	6 -12 uur	23	21	21	20	21	22
	12 -18 uur	31	36	38	40	41	41
	18 -24 uur	28	27	26	26	25	24
	0 -24 uur	100	100	100	100	100	100

Tabel 3. 95%-betrouwbaarheidsintervallen voor p-procentpunten van de kansverdelingen van werkbare uren, gebaseerd op een steekproef van 12 (jaarlijkse) waarnemingen.

$\underline{x}(i)$ = de i-de waarneming van de naar grootte gerangschikte waarnemingen

p(%)	ondergrens	bovengrens
8	0	$\underline{x}(4)$
17	0	$\underline{x}(5)$
25	$\underline{x}(1)$	$\underline{x}(7)$
33	$\underline{x}(1)$	$\underline{x}(8)$
42	$\underline{x}(2)$	$\underline{x}(9)$
50	$\underline{x}(3)$	$\underline{x}(10)$
58	$\underline{x}(4)$	$\underline{x}(11)$
67	$\underline{x}(5)$	$\underline{x}(12)$
75	$\underline{x}(6)$	$\underline{x}(12)$
83	$\underline{x}(7)$	max (=periodelengte in uren)
92	$\underline{x}(9)$	max (" " ")

ONDERZOEK NAAR WERKBARE DAGEN VOOR VELDWERKZAAMHEDEN OP AKKERBOUWBEDRIJVEN

door

Ing. T. Tanis

Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen
Wageningen

Inleiding

Beslissingen ten aanzien van de aanschaf van werktuigen, de toe te passen werkmethode en de daarmee samenhangende arbeidsorganisatie worden veelal gevoelsmatig of op grond van ervaringsfeiten genomen. Voor grote investeringen en veranderingen die de arbeidsorganisatie sterk beïnvloeden bestaat echter behoefte aan berekeningen die de te nemen beslissingen beter funderen. Een belangrijk gegeven hierbij is het aantal dagen waarop bepaalde bewerkingen kunnen worden uitgevoerd. Omdat hierover slechts weinig gegevens beschikbaar zijn wordt door het IMAG hiernaar onderzoek verricht.

Opzet van het onderzoek

Het onderzoek bestaat uit twee delen. Het ene, gericht op het aantal werkbare dagen in de voorjaarsperiode maart en april, is uitgevoerd met gebruikmaking van een model (1) terwijl het andere het gehele jaar omvat en berust op praktijkwaarnemingen. Met het model wordt de vochtbeweging in de grond nagebootst. De invoer bestaat uit neerslag- en verdampingsgegevens van het KNMI, terwijl als resultaat de vochtigheid van de grond, uitgedrukt in mbar vochtspanning, wordt verkregen. Op deze wijze is voor een kleigrond met 35% afslibbare delen, zoals die bv. voorkomt op de proefboerderij "Zuid Holland" te Westmaas, het verloop van de bodemvochtigheid vastgesteld voor de jaren 1941 t/m 1973. Door de heer G. Hokke, voormalig bedrijfsvoorlichter in de Hoekse Waard zijn gedurende een lange reeks van jaren waarnemingen verricht betrekking hebbend op de vochtigheid van de grond. Hierbij zijn de volgende kwalificaties gehanteerd:

zeer droog, droog, vochtig, nat, zeer nat en bevroren.

De waarnemingen zijn het gehele jaar door verricht. Behalve de vochtigheids-toestand van de grond zijn tevens notities gemaakt over de weersomstandigheden op die dag.

In dit onderzoek zijn de waarnemingen verwerkt van de jaren 1945 t/m 1974.

Doordat de waarnemingen zijn verricht in de Hoekse Waard kan een vergelijking worden gemaakt met de resultaten die het model heeft opgeleverd.

Werkbaarheidscriteria

De resultaten van het model wijzen dus uit hoe het verloop van de vochtspanning is over een bepaalde periode. Om hieruit het aantal werkbare dagen voor de grondbewerking af te leiden is het nodig te weten bij welke vochtigheid van de grond een bewerking kan worden uitgevoerd. Het vochtgehalte van de grond en tevens de vochtspanning is op zich echter nog geen maatstaf voor het al of niet kunnen bewerken van de grond, omdat de vereiste vochtspanning sterk afhangt van de grondsoort. Door Perdok e.a. (2) is onderzoek verricht, gericht op de werkbaarheid van de grond voor een pootbed van aardappelen.

Daarbij is het mechanisch gedrag (gevoeligheid voor verdichting) als maatstaf gehanteerd voor het vaststellen van de werkbaarheidsgrenzen. Mede op grond van dit onderzoek is aangenomen dat de grond werkbaar is bij een vochtspanning van 200 mbar. Afhankelijk van de zwaarte van de grond kan de vereiste vochtspanning wel variëren van 100 mbar voor lichte zavel tot 1000 mbar voor zware klei. Voor wat betreft de eisen die aan de vochtigheid van de grond worden gesteld, bestaan er tevens verschillen tussen de bewerkingen. Het pootklaar maken van aardappelland is een bewerking die hoge eisen stelt aan de toestand van de grond. Bij het berijden mag geen schade aan de structuur worden toegebracht, terwijl een vrij dikke laag goed verkrumelbaar moet zijn. Voor het zaaiklaar maken van granen stelt men echter duidelijk minder hoge eisen aan de verkrumelbaarheid, wat inhoudt dat deze bewerking bij een vochtiger grond kan worden uitgevoerd. Het is niet mogelijk om uit het tot nu toe verrichte onderzoek de criteria voor alle bewerkingen af te leiden. Wel kan worden gesteld dat meestal geen bewerking kan worden uitgevoerd wanneer de grond meer vocht bevat dan bij veldcapaciteit (100 mbar of pF₂) het geval is. Ook in buitenlandse literatuur wordt dikwijls deze grens, of iets droger, aangehouden voor het vaststellen van het aantal werkbare dagen voor grondbewerking.

Volgens Hokke kan een dag als werkbaar worden beschouwd wanneer de grond als zeer droog, droog of vochtig is aangemerkt in zijn waarnemingen. Dit betekent echter niet dat dan op alle percelen in de Hoekse Waard een intensieve grondbewerking voor het pootklaar maken van het aardappelland zou kunnen plaatsvinden.

Omdat nog te weinig inzicht bestaat in de gewenste vochtigheidstoestand van de grond voor het uitvoeren van de verschillende bewerkingen is het aantal werkbare dagen berekend voor verschillende criteria.

De resultaten

In de tabel in bijlage 1 zijn de resultaten vermeld die het onderzoek met behulp van het model heeft opgeleverd. Hieruit kan het minimale aantal dagen worden afgelezen dat in 20, 40, 60, 80 en 100 procent van de jaren in het tijdvak van 1941 t/m 1973 is voorgekomen.

De grote verschillen in werkbare dagen komen in maart voor in het traject van vochtspanningen van 75-150 mbar. De grens van 150 mbar wordt in deze periode nauwelijks overschreden. In april, vooral in de tweede helft, is dit wel het geval en is ook de onderscheiding tussen 200, 300 en 500 mbar zinvol. Voor verder onderzoek naar werkbaarheidscriteria is dan ook in maart het traject van 75-150 mbar en in april dat van 150-500 mbar vochtspanning interessant. Behalve het gemiddelde aantal werkbare dagen is ook de spreiding vermeld. Deze blijkt groot te zijn, wat een gevolg is van de sterk wisselende weersomstandigheden in de verschillende jaren. De grote verschillen tussen de jaren zijn in beeld gebracht in de afbeelding in bijlage 2. Hierin is aangegeven hoeveel werkbare dagen per jaar beschikbaar waren voor het klaarmaken van aardappelland. De tweede helft van april blijkt hiervoor de meeste werkbare dagen op te leveren. In maart 2 komt in de helft van de jaren geen enkele werkbare dag voor, terwijl in de eerste helft van april in een derde deel van de jaren deze bewerking niet kan worden uitgevoerd. In het jaar 1970 is in de periode 16 maart t/m 30 april geen enkele dag als werkbaar aangemerkt, terwijl er vijf jaren waren met minder dan vijf werkbare dagen.

In de afbeelding in bijlage 3 is een deel van de waarnemingsresultaten van Hokke verwerkt. Een dag is hierbij als werkbaar aangemerkt wanneer de grond als zeer droog, droog of vochtig is beoordeeld. Volgens Hokke is het dan mogelijk grondbewerkingen uit te voeren en aardappelen en bieten te rooien.

Zoals reeds eerder is opgemerkt is dit aantal werkbare dagen voor intensieve voorjaarsgrondbewerking op wat zwaardere gronden aan de hoge kant. Het ploegen daarentegen zal dikwijls worden uitgevoerd wanneer de grond natter is. De afbeelding geeft weer het minimale aantal werkbare dagen dat in 50, 70 en 90% van de jaren is waargenomen. Het risico dat in een bepaald jaar minder werkbare dagen voorkomen dan men heeft verondersteld kan men verkleinen door uit te gaan van een grotere kans, bv. door het aantal te kiezen dat in 90% in plaats van in 70% van de jaren is waargenomen. Uit de figuur blijkt duidelijk dat dit een belangrijke vermindering van het aantal werkbare dagen tot gevolg heeft.

In de periode maart t/m oktober neemt het aantal werkbare dagen daardoor met 60% af.

Met het oog op de organisatie van de werkzaamheden kan behalve het aantal werkbare dagen en de periode waarin deze voorkomen ook de duur van een werkbare periode van belang zijn.

In bijlage 4 is weergegeven hoe de werkbare perioden voor het klaarmaken van aardappelland procentueel zijn verdeeld. Onder een werkbare periode wordt hier verstaan een aaneengesloten tijdsbestek waarin een bepaalde bewerking kan worden uitgevoerd. Dit kan dus zijn één enkele dag, of een aaneengesloten aantal werkbare dagen. Uit de afbeelding in bijlage 4 blijkt duidelijk het verschil tussen maart 2 en april enerzijds en april 2.

In de laatste halve maand is de lengte van de werkbare periode aanzienlijk groter. In april 2 is 50% van de werkbare perioden minstens 6 dagen lang. In maart 2 en april 1 is dit slechts resp. 2 en 3 dagen. Bij het poten van aardappelen streeft men er dikwijls naar de bewerkte oppervlakte ook dezelfde dag te poten, om daarmee het risico van tussentijdse regen, met als gevolg structuurbederf en de noodzaak een nieuwe bewerking uit te voeren, te voorkomen. Het aantal werkbare perioden van slechts één dag bedraagt in maart 2 19%, in april 1 16% en in april 2 11%.

Er is ook nagegaan in hoeverre er overeenkomst bestaat tussen de uitkomsten van het model en de waarnemingen van Hokke. In de afbeeldingen in bijlage 5 is dit weergegeven voor maart en april. De waardering "vochtig" van Hokke blijkt tot ongeveer hetzelfde aantal dagen te leiden als het criterium "100 mbar vochtspanning" bij het model, waarbij opgemerkt kan worden dat in maart 1 de overeenkomst minder groot is.

Hokke komt hier tot minder werkbare dagen, wat mogelijk een gevolg is van het feit dat vroeg in het seizoen de ondergrond door hem nog als te vochtig is beoordeeld voor een bewerking.

De resultaten van het model, weergegeven in bijlage 5, hebben betrekking op de bovenste 5 cm van de grond. Er zijn ook berekeningen uitgevoerd voor de laag van 0-10 cm. Het gemiddeld aantal werkbare dagen is dan voor een vochtspanning van 100 mbar inderdaad iets lager. In maart 2 en april is het verschil een halve tot driekwart dag, terwijl het in maart 1 bijna twee dagen bedraagt. De lijnen van "droog" en "200 mbar" blijken ook vrij goed samen te vallen, met uitzondering van maart 2, waar het model minder werkbare dagen oplevert. Een verklaring hiervoor is niet gevonden. Op verschillende aspecten van het onderzoek wordt in de binnenkort verschijnende IMAG publikatie nader ingegaan.

Literatuur

- Wind, G.P. A hydraulic model for the simulation of non-hysteretic vertical unsaturated flow of moisture in soils. Technical bulletin 79, I.C.W., 1972.
- Perdok, U.D., J.J. Klooster & M.C. Sprong. De bewerkbaarheid van de grond tijdens de voorjaarswerkzaamheden. Rapport 249, ILR, maart 1974.

Bijlage 1 Aantal dagen waarop de vochtspanning aan een bepaalde eis voldeed.

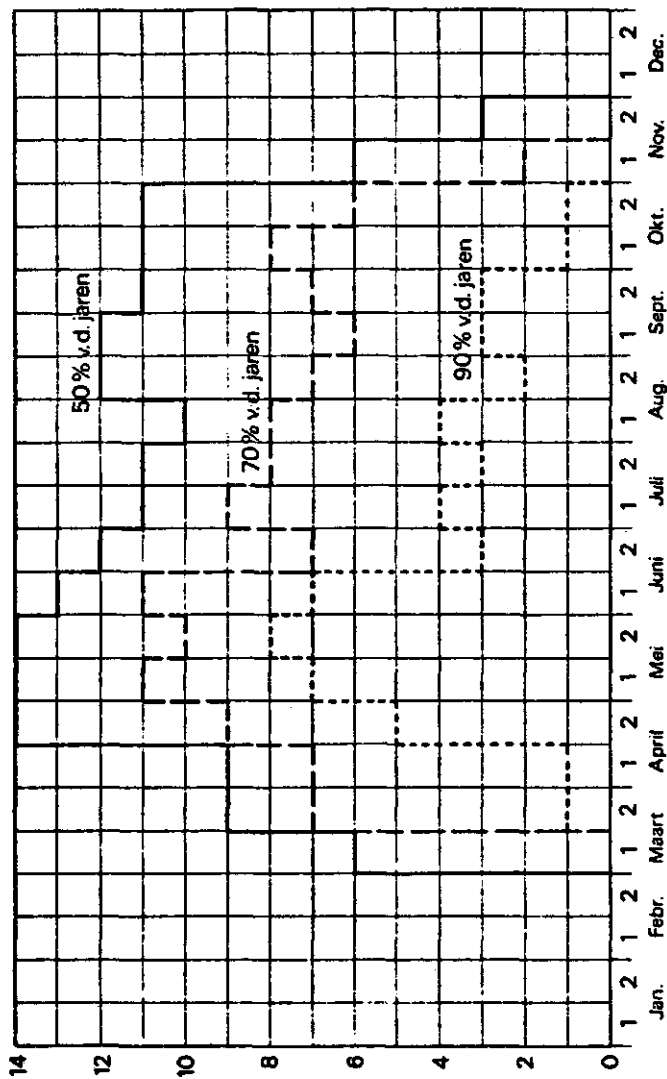
Periode	vochtspanning in mbar	Percentage van de jaren waarin de vochtspanning op minstens het vermelde aantal dagen aan de eis voldeed					Gemiddelde	Spreiding
		20	40	60	80	100		
maart 1	75	15	14	12	10	0	11,6	4,0
	100	12	9	6	4	0	7,7	4,8
	150	8	1	0	0	0	2,7	4,1
	200	2	0	0	0	0	1,3	3,1
	300	0	0	0	0	0	0,8	2,6
	500	0	0	0	0	0	0,2	0,9
maart 2	75	16	14	11	8	0	11,5	4,3
	100	16	10	7	3	0	8,2	5,6
	150	11	4	2	0	0	4,8	5,4
	200	6	2	0	0	0	3,0	4,6
	300	4	0	0	0	0	2,1	3,8
	500	0	0	0	0	0,6	1,6	
april 1	75	15	13	11	5	0	10,8	4,6
	100	12	10	8	4	0	8,4	4,6
	150	10	7	3	1	0	5,7	4,7
	200	8	4	2	0	0	4,3	4,3
	300	6	3	1	0	0	3,4	3,7
	500	4	1	0	0	0	1,6	2,6
april 2	75	15	15	15	12	5	13,5	2,5
	100	15	15	13	7	0	11,8	4,4
	150	15	15	10	6	0	10,6	5,0
	200	15	12	8	4	0	9,5	5,1
	300	14	11	7	4	0	8,6	5,2
	500	11	8	4	0	0	6,1	5,1

jaren	Maart				April							
	2				1				2			
	0	5	10	16	0	5	10	15	0	5	10	15
1941					/				/	/		
42	/				/				/	/	/	
43	/	/	/	/	/	/	/		/	/	/	/
44	/				/	/	/		/	/	/	/
45	geen waarnemingen in 1945											
46					/	/	/	/	/	/	/	/
47					/				/	/	/	/
48	/	/	/		/	/			/	/	/	/
49	/				/	/			/	/	/	/
1950									/	/	/	/
51									/	/	/	/
52	/				/	/	/		/	/	/	/
53	/	/	/	/	/	/	/		/	/	/	/
54	/	/	/		/	/	/		/	/	/	/
55									/	/	/	/
56	/	/	/		/	/	/	/	/	/	/	/
57					/	/	/	/	/	/	/	/
58	/				/	/			/	/	/	/
59									/	/	/	/
1960	/	/			/	/	/	/	/	/	/	/
61									/	/	/	/
62									/	/	/	/
63					/	/	/		/	/	/	/
64					/	/	/		/	/	/	/
65					/	/						
66									/	/	/	/
67	/								/	/	/	/
68	/	/			/	/	/	/	/	/	/	/
69	/				/	/	/		/	/	/	/
1970									/	/	/	/
71					/	/	/	/	/	/	/	/
72	/	/	/	/	/	/	/		/	/	/	/
73	/	/	/	/	/	/	/		/	/	/	/

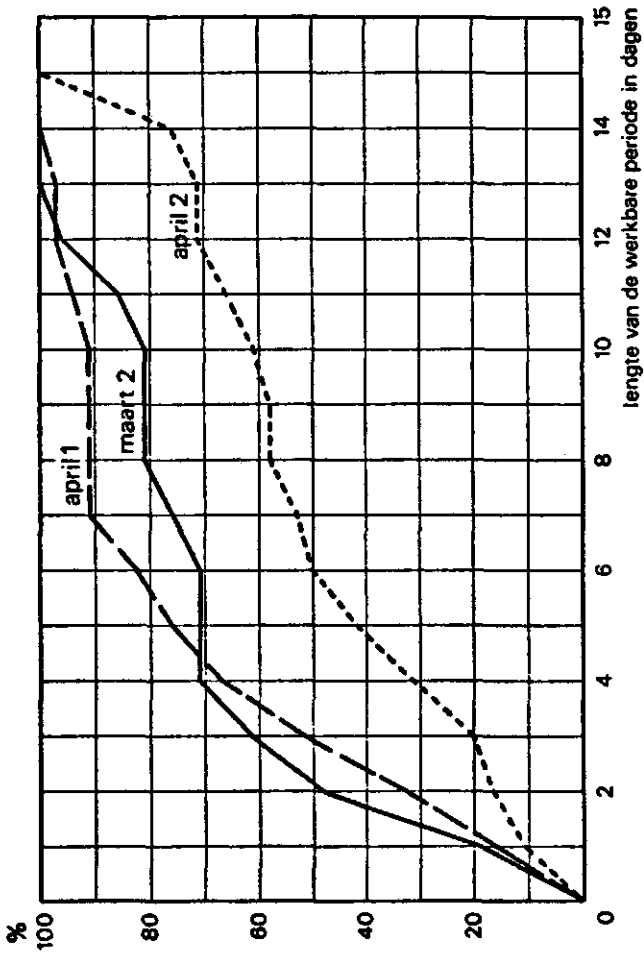
Bijlage 2

Aantal werkbare dagen voor het poten van aardappelen op een kleigrond van 35 % afslibbaar.

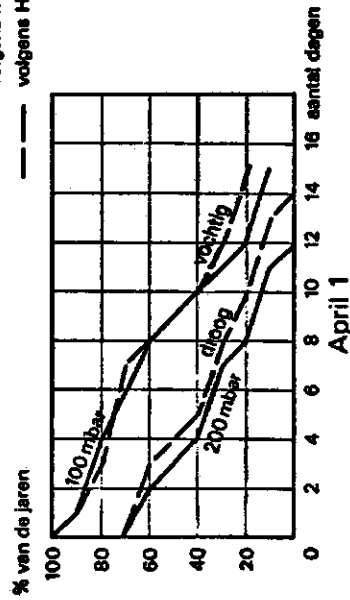
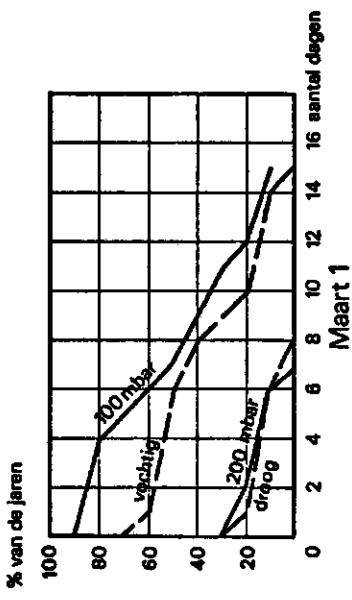
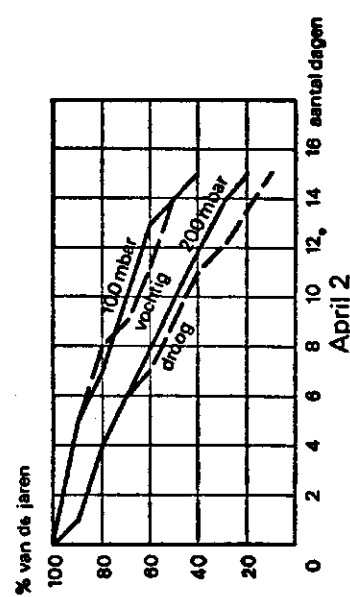
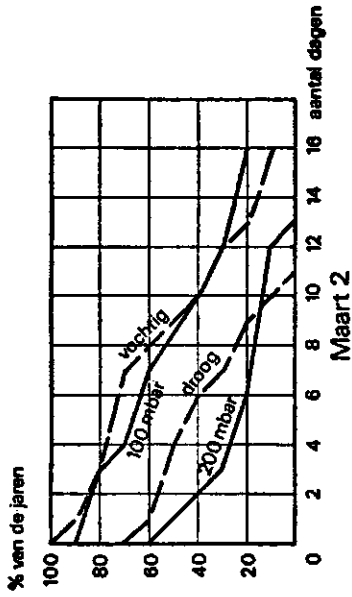
Aantal dagen per halve maand



Bijlage 3 Aantal werkbare dagen per halve maand (voor veldwerk op kleigrond)
in 50, 70 en 90% v.d. jaren.



Bijlage 4 Procentuele verdeling v.d. lengte v.d. werkbare perioden voor het klaarmaken van aardappelland.



Bijlage 5 Percentage v. d. jaren waarin een bepaald aantal werkbare dagen per halve maand minimaal is voorgekomen.

MODELONDERZOEK NAAR DE SAMENHANG VAN MECHANISATIEGRAAD,
TOELAATBARE WERKOMSTANDIGHEDEN EN DE OPBRENGST VAN
SUIKERBIETEN OP EEN MIDDELZWARE ZAVEL

door

J. Buitendijk

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

1 Inleiding

In het najaar van 1974 ondervond de oogst van hakvruchten in Zuid-West Nederland grote moeilijkheden.

De oorzaak hiervan werd enerzijds veroorzaakt door de neiging te laat met de oogst te beginnen, anderzijds door het uitzonderlijke neerslagpatroon (Boels en Wind, 1975).

Door zo'n calamiteit rijst de vraag op welke datum met de oogst moet worden begonnen om schades zoals in 1974 zijn opgetreden te voorkomen.

De begindatum zal vanuit ondernemersstandpunt gezien zo worden gekozen dat de bedrijfswinst maximaal is; die datum wordt echter ook deels door de suikerfabriek bepaald. De oogstwerkzaamheden beïnvloeden de bedrijfswinst enerzijds via de kosten zoals de kosten van het machinepark, rooiverliezen, oogstverliezen, structuurschade anderzijds via de opbrengsten: uitstellen van de oogst geeft een langer groeiseizoen waardoor een hogere opbrengst ontstaat.

Om de optimale bedrijfswinst te kunnen bepalen is inzicht nodig in a: de kans op een aantal werkbare dagen per periode en b: de samenhang tussen begindatum van de oogstperiode, de oogstcapaciteit, de toelaatbare werkomstandigheden en de opbrengst.

Getracht is bedoelde samenhang voor een normaal gedraineerde middelzware zavelgrond te bepalen, ondermeer is daarbij gebruik gemaakt van een analoog model onverzadigde stroming (Wind, 1972).

2 Bepaling van de werkbare dagen

2.1. H e t b e g r i p w e r k b a a r h e i d

Door Wind (1976) en Perdok en Tanis (1975) wordt de vochtspanning (ψ) van de grond gehanteerd als norm voor de werkbaarheid van de grond. De vochtspanning is een negatieve waarde uitgedrukt in cm waterkolom. In het hiernavolgende wordt de vochtspanning weergegeven als een onderdruk.

De grond wordt werkbaar genoemd wanneer de vochtspanning gedurende zekere tijd groter of gelijk is aan een zekere grenswaarde.

De grenswaarde noemen we de werkbaarheidsgrens. De werkbaarheidsgrens is dus die vochtspanning van de grond waarbij nog net kan worden gewerkt.

De werkbaarheidsgrens is afhankelijk van de werkzaamheden die uitgevoerd dienen te worden: voor het zaaien van suikerbieten is een andere grens vereist dan voor het oogsten ervan. Tevens is de werkbaarheidsgrens afhankelijk van de grondsoort: voor zandgrond gelden andere normen dan voor kleigrond.

Omdat over de werkbaarheidsgrens voor het oogsten van suikerbieten nog niet veel bekend is - Van Wijk en Feddes (1975) nemen een grens van ψ 100 cm aan - is voor een groot aantal werkbaarheidsgrenzen het aantal werkbare dagen bepaald.

2.2. B e p a l i n g v a n d e v e r d e l i n g v a n h e t a a n t a l w e r k b a r e d a g e n

Voor het bepalen van de verdeling van de werkbare dagen is inzicht nodig in het verloop van de vochtspanning van de grond gedurende de oogstperiode. Daartoe is gebruik gemaakt van een hydraulisch analogon zoals beschreven door Wind (1972). Door de regen en verdampingscijfers in het analogon in te voeren kan het verloop van de vochtspanning worden verkregen. In het model zijn ingevoerd de regen- en verdampingscijfers van het KNMI-station Vlissingen van 1 september tot en met 29 november (90 dagen) van de jaren 1955 tot en met 1974 (20 jaren) Met een pakket computerprogramma's is de op ponsband verkregen output vrij eenvoudig statistisch te verwerken.

Door het verdampingsoverschot dat in de meeste jaren in de zomermaanden ontstaat zal er op 1 september een zeker vochttekort zijn ten opzichte van de evenwichts-situatie. Dit tekort is aan de hand van de regen en verdampingscijfers van de voorgaande maanden zo nauwkeurig mogelijk geschat. De grondsoort is een zavel onder andere voorkomend in de Hoekse Waard. Aangenomen is dat het klimaat constant is, dit wil zeggen: er is geen tendens naar nattere of drogere herfstten. Statistisch gezien is 20 jaar een korte reeks voor het uitvoeren van kansberekeningen. Uitbreiding van de reeks is wegens het ontbreken van meteorologische gegevens niet mogelijk geweest.

3 Resultaten

3.1. H e t t o t a a l a a n t a l w e r k b a r e d a g e n

De oogst van suikerbieten vindt plaats in de herfst, veelal onder verslechterende weersomstandigheden.

Het aantal werkbare dagen in de herfst wordt vooral bepaald door de verdeling van de neerslag. De regen valt op het maaiveld, de grond wordt hierdoor natter en kan alleen opdrogen door verdamping en transport naar drain of grondwater. Voor kleigronden is de verticale doorlatendheid vrij klein - al of niet extra belemmerd door een ploegzool. In het najaar is de verdamping gering, zodat bij een regelmatig regenpatroon de bovengrond niet meer opdroogt maar steeds natter wordt (Boels en Wind, 1975). Het aantal werkbare dagen per tijdvak zal dan ook afnemen. Het is duidelijk dat het aantal werkbare dagen sterk varieert met de keuze van de werkbaarheidsgrens. Het aantal werkbare dagen zal groot zijn als bij een lage vochtspanning nog wordt gewerkt en afnemen naarmate een drogere grond vereist is. Het is dan ook van groot belang te weten bij welke werkbaarheidsgrens de verschillende werkzaamheden nog uitgevoerd kunnen worden.

Met behulp van de vochtspanningsgegevens van 20 herfstten, verkregen uit het hydraulisch analogon, kan voor elke willekeurige werkbaarheidsgrens het aantal werkbare dagen per jaar worden bepaald (tabel 1).

In tabel 1 wordt per jaar aangegeven het aantal dagen waarop de vochtspanning groter of gelijk is aan een zekere grenswaarde. Omdat het hier een overschrijdingswaarde betreft zal het aantal werkbare dagen toenemen naarmate de gekozen grenswaarde lager is. In deze tabel zijn ook opgenomen de zaterdagen en zondagen.

Uit de tabel blijkt duidelijk hoe slecht de omstandigheden in 1974 geweest zijn. Vergelijking van 1974 met 1968 doet vermoeden dat in 1968 de omstandigheden nog slechter zijn geweest.

In 1968 is echter alleen een klein aantal dagen met een vochtspanning >100 cm geweest. Dit is veroorzaakt door de natte zomer van 1968 waardoor er maar een gering vochttekort in de bodem aanwezig was. Bij een werkbaarheidsgrens van $\psi \geq 100$ cm is het aantal werkbare dagen in 1968 en 1974 nagenoeg gelijk. Ligt de werkbaarheidsgrens bij $\psi < 100$ cm dan neemt het aantal dagen in 1968 veel sneller toe dan in 1974. Omdat in 1968 geen al te grote oogstmoeilijkheden zijn opgetreden kan verondersteld worden dat de werkbaarheidsgrens in de buurt van de vochtspanning van 100 cm ligt.

Tabel 1. Totaal aantal dagen in de periode 1 september tot en met 29 november (90 dagen), waarop de vochtspanning van de grond groter of gelijk is aan de gestelde werkbaarheidsgrens. De laagste totalen zijn onderstreept.

Werk- baar- heids- grens	JAREN																			
	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
ψ 200	9,8	16,4	10,0	17,0	51,8	11,8	20,8	37,0	10,4	19,2	25,2	18,2	32,2	1,4	61,6	17,8	54,0	28,4	34,6	8,8
175	13,8	17,8	10,4	18,0	53,8	12,8	22,4	38,2	10,8	32,8	31,8	19,6	35,6	2,0	64,0	20,4	58,2	50,2	37,2	9,4
150	15,0	19,4	10,4	22,0	54,6	15,0	25,4	40,6	11,6	33,6	40,2	21,4	40,8	2,6	65,0	23,8	61,2	32,2	41,6	10,6
140	16,0	20,2	10,6	23,2	55,0	16,0	26,2	41,4	11,6	34,2	43,6	22,4	42,8	2,8	65,0	25,2	61,8	33,2	45,6	11,8
130	16,8	20,6	10,6	24,4	55,6	16,2	27,8	42,6	12,0	34,8	46,4	24,8	44,2	3,6	65,0	26,8	63,2	34,4	49,6	12,6
120	17,0	21,0	11,0	28,6	56,2	17,8	28,2	44,2	12,4	35,2	49,2	25,6	44,8	5,2	65,4	28,4	65,0	36,0	53,4	12,8
110	19,4	22,8	12,4	31,0	56,6	18,2	33,8	45,2	15,0	36,0	52,4	28,4	46,6	6,8	66,2	30,8	65,8	36,4	56,8	13,4
100	21,0	25,4	16,2	38,6	58,0	19,2	39,6	46,0	17,0	36,2	57,4	35,6	53,2	12,6	66,2	33,2	67,4	37,6	61,4	14,0
90	24,8	30,8	20,6	52,2	64,0	21,2	43,8	47,6	27,0	39,4	62,4	43,4	59,2	23,8	67,8	35,0	71,6	40,0	65,0	14,4
80	31,4	40,2	28,2	57,4	69,4	22,8	50,8	49,6	37,8	44,2	67,2	51,0	63,0	34,6	69,8	40,8	74,2	45,4	66,8	16,2
70	39,6	51,4	40,6	65,8	74,0	26,4	57,2	58,0	42,8	53,2	69,4	56,2	67,8	44,2	73,6	46,6	75,6	53,2	70,2	16,6
60	48,8	58,2	55,4	71,0	78,2	35,4	64,0	67,2	51,2	56,8	71,6	62,2	71,6	50,8	78,4	57,4	77,4	60,8	74,0	19,0
50	60,8	69,2	65,0	76,6	82,6	46,8	71,4	74,0	58,6	66,4	75,2	73,0	76,2	63,2	81,4	66,0	80,6	67,8	80,2	24,8
40	71,8	79,8	73,2	82,2	86,2	57,6	75,4	80,8	70,4	73,2	80,6	77,6	81,6	77,2	85,6	73,0	83,0	74,0	81,8	36,8
30	85,2	86,0	78,0	88,6	88,4	66,2	80,2	87,8	78,0	77,4	83,2	84,0	87,2	84,6	86,6	83,0	84,4	81,0	83,8	48,6
20	89,0	89,8	82,8	89,0	89,4	70,2	82,0	88,4	82,4	80,4	84,6	86,4	88,8	87,4	88,8	85,4	86,6	84,6	83,8	61,2

Tabel 2. Begindata (1 = 1 september) oogstperiode van 12 werkbare dagen in de verschillende jaren bij verschillende werkbaarheidsgrenzen.

BWD 12 Werkbaar- heidsgrens	JAREN																			
	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
200	-2	19	-2	6	41	0	21	44	-1	25	43	21	28	-10	54	7	56	39	55	-3
175	2	19	-1	7	43	7	22	44	-1	26	52	21	32	-9	56	9	57	39	55	-2
150	3	19	-1	11	43	9	23	44	0	26	57	21	36	-9	56	25	57	39	56	-1
140	5	19	-1	13	44	9	24	44	0	26	59	22	36	-9	56	26	57	39	58	0
130	8	19	-1	14	44	10	25	44	0	26	60	24	37	-8	56	27	57	39	60	1
120	8	19	-1	17	45	10	25	45	13	26	62	25	38	-7	57	27	58	39	64	1
110	11	19	1	20	45	11	36	45	15	26	64	27	38	-5	57	28	58	39	65	2
100	12	20	4	34	47	11	43	45	17	26	67	32	43	0	57	29	60	39	68	3
90	16	25	9	59	53	12	46	45	24	29	68	45	55	50	58	30	62	40	70	3
80	19	35	40	79	58	13	76	45	57	33	71	50	56	58	60	43	64	45	71	4
70	44	47	72	79	69	16	76	51	57	58	72	52	75	74	63	48	65	56	73	11
60	52	75	75	79	78	29	76	68	59	61	72	59	76	76	67	61	67	63	74	13
50	65	79	76	79	79	51	76	72	62	68	74	65	77	77	70	72	70	69	75	18

3.2. D e k a n s v e r d e l i n g v a n h e t a a n t a l w e r k b a r e d a g e n

Door aan elk jaar een gelijk gewicht toe te kennen wordt de kans P op een aantal werkbare dagen in de herfstperiode bij een zekere werkbaarheidsgrens:
$$P = \frac{1}{n+1}$$
 waarin n het aantal herfsten is. Door de gegevens uit tabel 1 van hoog naar laag te rangschikken kan er een cumulatieve frequentieverdeling van worden gemaakt (fig. 1).

In deze figuur wordt weergegeven de overschrijdingskans op een x aantal dagen bij een zekere werkbaarheidsgrens. Er is bijvoorbeeld een kans van 80% op 18 of meer dagen met een vochtspanning gelijk of groter dan 100 cm, dit wil zeggen: in 8 van de 10 jaren zijn in de herfstperiode minstens 18 dagen, waarop de vochtspanning ≥ 100 cm, in 2 van de 10 jaren is het aantal kleiner dan 18.

Het verband tussen de werkbaarheidsgrens en het aantal werkbare dagen voor gelijkblijvende overschrijdingskansen wordt weergegeven in fig. 2. Er is bijvoorbeeld een kans van 80% op 10 of meer werkbare dagen bij een werkbaarheidsgrens van ≥ 200 cm, 15 of meer dagen bij een werkbaarheidsgrens van ≥ 120 cm en 50 of meer dagen bij een werkbaarheidsgrens van ≥ 60 cm enz. (fig. 2). Opvallend is de sterke stijging van het aantal werkbare dagen wanneer de werkbaarheidsgrens lager dan 100 cm ligt.

Dit is wellicht te verklaren uit het feit dat de ontwateringsdiepte van de grond op 100 cm -mv gesteld is. Vochtspanningen > 100 cm kunnen alleen voorkomen tengevolge van verdamping. Omdat de verdamping in de herfst steeds afneemt zal het aantal dagen met een vochtspanning ≥ 100 cm kleiner zijn dan het aantal dagen met vochtspanningen < 100 cm. Het zal wellicht nuttig zijn de invloed van de ontwateringsdiepte nader te onderzoeken.

3.3. B e g i n d a t u m v a n d e o o g s t p e r i o d e

De begindatum van de oogstperiode is van groot belang op de uiteindelijke opbrengst. Uitstel van de begindatum heeft een langer groeiseizoen tot gevolg en daardoor een hogere opbrengst (fig. 3).

Wanneer bij een zekere vochtspanning van de grond niet meer gewerkt wordt neemt de kans op oogstderving toe. De begindatum van de oogstperiode moet zodanig worden gekozen dat met een zekere kans het totaal te oogsten oppervlak bij een gegeven aantal werkbare dagen vóór een bepaalde datum geoogst is.

Dit aantal werkbare dagen noemen we het benodigd aantal werkbare dagen: BWD. Met behulp van de gegevens uit het analogon kan per jaar de begindatum van de oogstperiode worden bepaald, afhankelijk van het benodigd aantal werkbare dagen.

Aangenomen is dat 30 november die uiterste datum is waarop de totale oppervlakte geoogst moet zijn.

Door vanaf 30 november het aantal dagen te sommeren waarop de vochtspanning groter of gelijk is aan de werkbaarheidsgrens, wordt de begindatum gevonden op dat tijdstip waarop de som gelijk is aan het benodigd aantal werkbare dagen. Zijn bijvoorbeeld 6 werkbare dagen benodigd en de werkbaarheidsgrens is 100 cm dan worden vanaf 30 november alle dagen gesommeerd waarop de vochtspanning >100 cm is. De datum waarop de 6e dag is bereikt is de begindatum.

Dit kan worden gedaan voor een aantal werkbaarheidsgrenzen, en variatie in het benodigd aantal werkbare dagen voor alle jaren. Een voorbeeld hiervan is gegeven in tabel 2.

Voor een BWD van 12 is de begindatum van de oogst bepaald voor de laatste 20 herfstten bij verschillende werkbaarheidsgrenzen. De getallen geven het aantal dagen weer na 1 september. In 1962 moet bijvoorbeeld op de 44e dag na 1 september dit wil zeggen 14 oktober met de oogst begonnen zijn om in 12 dagen voor 30 november het te oogsten oppervlak geoogst te hebben. Getallen ≤ 0 geven aan dat al vóór 1 september met de oogst zou moeten zijn begonnen.

Ook in deze tabel is het verschil tussen 1968 en 1974 frappant. Bij een werkbaarheidsgrens van $\psi > 100$ cm moet in 1968 de oogst al vóór 1 september aanvangen en in 1974 op 3 september, bij een werkbaarheidsgrens van $\psi > 90$ cm verandert er in 1974 niets terwijl in 1968 de begindatum van de oogst uitgesteld kan worden tot de 50e dag.

3.4. K a n s v e r d e l i n g v a n d e b e g i n d a t u m

Door de aldus verkregen begindata van de oogstperiode op dezelfde wijze als de gegevens uit tabel 1 onder te brengen in een cumulatieve kansverdeling kan voor ieder benodigd aantal werkbare dagen de begindatum worden vastgesteld waarop met de oogst moet worden begonnen om - met een zekere kans - het benodigd aantal werkbare dagen ter beschikking te hebben.

Ter verduidelijking wordt het begrip oogstzekerheid geïntroduceerd. Een oogstzekerheid van 80% wil zeggen dat in 8 van de 10 jaren tussen de begindatum van de oogst en 30 november een voldoende aantal werkbare dagen voorkomt om het to-

taal oppervlak te oogsten; in 2 van de 10 jaren is het aantal werkbare dagen niet toereikend, dit alles uiteraard bij een zekere werkbaarheidsgrens. De keuze van de oogstzekerheid beïnvloedt de begindatum van de oogstperiode met dien verstande dat de begindatum uitgesteld kan worden naarmate de oogstzekerheid kleiner wordt maar het risico op een tekort aan werkbare dagen wordt groter. In fig. 4 wordt weergegeven de invloed van de keuze van de oogstzekerheid op de begindatum in afhankelijkheid van de werkbaarheidsgrens. Is het benodigd aantal werkbare dagen op 4 gesteld en de werkbaarheidsgrens op 120 cm dan is de begindatum bij een oogstzekerheid van 90% 9 september, bij 80% 19 en bij 70% 22 september.

Is het benodigd aantal werkbare dagen echter 12 dan blijkt dat bij een oogstzekerheid van 80 en 90% de werkbaarheidsgrens niet boven 140 respectievelijk 110 cm gelegd kan worden of er moet voor 1 september worden begonnen met de oogst.

In fig. 5 wordt het verband getoond tussen het benodigd aantal werkbare dagen en de begindatum van de oogstperiode voor een oogstzekerheid van 80%. Is bijvoorbeeld het benodigd aantal werkbare dagen 14 en de werkbaarheidsgrens 120 cm dan is de begindatum 1 september, kan het benodigd aantal dagen verminderd worden tot 4, dan hoeft pas op 19 september begonnen te worden.

Opmerkelijk is de verschuiving van de begindatum wanneer de werkbaarheidsgrens lager dan 100 cm wordt. Leggen we in het zojuist gegeven voorbeeld de werkbaarheidsgrens bij 80 cm dan is de begindatum bij een oogstperiode van 14 dagen 1 oktober en bij 4 dagen 23 oktober. Uit de fig. 4 en 5 blijkt dat uitstel van de oogstdatum dit wil zeggen verlenging van het groeiseizoen kan worden verkregen door:

verlaging van de werkbaarheidsgrens

vermindering van het benodigd aantal werkbare dagen

3.5. Gewasopbrengst, afhankelijk van de begindatum van de oogstperiode

De benodigde tijd voor het oogsten van suikerbieten wordt bepaald door:

de machine intensiteit

de machine capaciteit

Onder machine intensiteit wordt verstaan de te oogsten oppervlakte per machine, uitgedrukt in ha per machine.

De capaciteit wil zeggen de oogstsnelheid, uitgedrukt in ha per dag per machine. Het verband tussen beide begrippen is:

$$BWD = \frac{\text{machine intensiteit}}{\text{machine capaciteit}}$$

Is bijvoorbeeld de intensiteit 100 ha voor 2 machines en de capaciteit is 4 ha per dag per machine is $BWD = \frac{100/2}{4} = 12,5$.

Het benodigd aantal werkbare dagen is dus sterk afhankelijk van de mechanisatiegraad. Verhoging van de mechanisatiegraad heeft tot gevolg dat het benodigd aantal werkbare dagen kan afnemen maar werkt uiteraard kostenverhogend terwijl verlaging van de mechanisatiegraad kostenbesparend werkt, maar daar staat tegenover dat het aantal werkbare dagen moet toenemen. Op het kostenaspect wordt in dit verband niet nader ingegaan.

De opbrengstcurve van suikerbieten wordt gekenmerkt door een steeds stijgende opbrengst naarmate het groeiseizoen verstrijkt (fig. 3). De opbrengst Y is afhankelijk van het tijdstip t.

De groeicurve is berekend aan de hand van gegevens van het I.R.S., Instituut voor de Rationele Suikerproductie en is een langjarig gemiddelde berekend over 20 jaar (Van den Hil, 1975).

Niet gehinderd door de beperkingen van de grond zal het financieel het meest aantrekkelijk zijn zo laat mogelijk te oogsten, immers zowel het wortelgewicht als het suikergehalte blijft toenemen en uitbetaling geschiedt op basis van het suikergehalte.

Aan één aspect is in dit onderzoek voorbijgegaan namelijk de termijnlevering. In verband met de continuïteit van de bietencampagne moet elke boer een gedeelte van zijn oogst op een bepaald tijdstip aan de fabriek geleverd hebben. Voor de vroege levering wordt een prijscompensatie toegepast in verband met een lagere suikeropbrengst, voor de late levering geldt deze compensatie voor suikerverlies en afdek materiaal tijdens de opslagperiode.

Een ontegenzeggelijk feit is echter, dat de suikerproductie toeneemt naarmate de groeiperiode langer is, evenzeer staat vast dat de lengte van de campagne van invloed is op de prijs die de fabriek zijn leveranciers kan betalen. In dit artikel zal niet getracht worden aan te geven welke premies, reducties of compensaties moeten worden toegepast in afhankelijkheid van de leveringsdatum. Het is een uitsluitend landbouwtechnische beschouwing, die mogelijk wel een bijdrage kan leveren tot de meningsvorming hieromtrent.

De opbrengst per jaar is berekend door de uit fig. 4 verkregen begindata als werkelijke begindatum voor elk jaar te beschouwen.

Door vanaf die datum het aantal werkbare dagen tot het maximaal benodigd aantal te sommeren kan het relatief geoogst oppervlak berekend worden. Omdat gerekend wordt met oogstzekerheden van 70, 80 en 90% zal in respectievelijk 6, 4 en 2 van de 20 herfstten een gedeelte niet geoogst worden.

Het relatief geoogst oppervlak $A_{rel.}$ kan worden beschreven:

$$A_{rel.} = \frac{1}{BWD} \cdot \sum_{t_e}^{t_b} \varepsilon(t) = \frac{\text{aantal werkbare dagen}}{\text{benodigd aantal dagen}} = \frac{\text{aanbod}}{\text{behoefte}} \quad (1)$$

waarin:

t_b = de begindatum van de oogstperiode

t_e = het einde van de oogstperiode (29 november)

$\varepsilon(t) = 1$ wanneer een dag als werkbaar wordt beschouwd

$\varepsilon(t) = 0$ wanneer een dag als niet-werkbaar wordt gesteld

Door de op die manier verkregen data t te vermenigvuldigen met de opbrengst Y van de groeicurve kan de relatieve oogst worden berekend.

De relatieve oogst $Y_{rel.}$ wordt dan:

$$Y_{rel.} = \frac{1}{BWD} \cdot \sum_{t_e}^{t_b} \varepsilon(t) \cdot Y(t) \text{ in ton.ha}^{-1} \quad (2)$$

Uit (1) blijkt dat de relatief geoogste oppervlakte kleiner kan zijn dan 1. De grootte van dat resterende gedeelte A_{rest} kan worden uitgedrukt als:

$$A_{rest} = \frac{1}{BWD} \left\{ BWD - \sum_{t_e}^{t_b} \varepsilon(t) \right\} \quad (3)$$

Dit gedeelte van het totale oppervlak wordt geacht geoogst te zijn na 29 november. Tengevolge van rooiverliezen, vorstschade en extra tarra is de opbrengst hiervan gesteld op 0,5 $Y(e)$ waarin $Y(e)$ de opbrengst is op 30 november. De opbrengst van dit gedeelte wordt dan

$$Y_{rest} = \frac{1}{BWD} \left(BWD - \sum_{t_e}^{t_b} \varepsilon(t) \right) \cdot 0,5 Y(e) \quad (4)$$

Door samenvoeging van (2) en (4) ontstaat de totale opbrengst

Y_{tot} per jaar:

$$Y_{tot} = \frac{1}{BWD} \cdot \left(\sum_{t_e}^{t_b} \varepsilon(t) \cdot Y(t) + \left(BWD - \sum_{t_e}^{t_b} \varepsilon(t) \right) \cdot 0,5 Y(e) \right) \quad (5)$$

De grootte van de opbrengst wordt weergegeven in fig. 6 voor verschillende oogstzekerheden wordt daar het verband getoond tussen de opbrengst en de keuze van de werkbaarheids grens bij verschillen in het benodigd aantal werkbare dagen. De opbrengst is weergegeven als een procentuele opbrengst gerelateerd aan de potentiële opbrengst wanneer op 1 september geoogst zou zijn. Uit de figuur blijkt duidelijk dat de opbrengst stijgt naarmate de werkbaarheids grens bij een lagere vochtspanning wordt gelegd. Dit wordt nog versterkt door het benodigd aantal werkbare dagen te verkleinen. Is bijvoorbeeld bij een oogstzekerheid van 80% de werkbaarheids grens $\psi \geq 100$ cm dan is de opbrengst bij een BWD van 16 dagen 121%, bij een oogstduur van 4 dagen is de opbrengst gestegen tot 130%.

De lijnen van een BWD van 12 en 16 lopen niet geheel door tot de 200 cm grens. Dit is te verklaren uit fig. 4. Daar blijkt dat bij dit aantal werkbare dagen de begindatum van de oogst zou vallen vóór 1 september. Deze combinatie van werkbaarheids grens en benodigd aantal werkbare dagen blijkt niet realistisch en is buiten beschouwing gelaten.

3.6. Invloed van de keuze van de oogstzekerheid, het benodigd aantal werkbare dagen en de werkbaarheids grens op de opbrengst

Uit fig. 6 blijkt dat de grootte van de opbrengst wordt bepaald door 3 factoren:
de oogstzekerheid
het benodigd aantal werkbare dagen
de werkbaarheids grens

De oogstzekerheid oefent net als de andere 2 factoren, invloed uit op de begindatum van de oogst. Is de oogstzekerheid klein dan kan de begindatum uitgesteld worden, de kans op oogstderving neemt echter toe. Is de oogstzekerheid groot dan is de kans op oogstderving kleiner maar de begindatum van de oogst valt vroeg waardoor tengevolge van de functie $Y(t)$ de opbrengst ongunstig wordt beïnvloed. Fig. 7 toont de invloed van de keuze van de oogstzekerheid op de procentuele opbrengst voor verschillende werkbaarheids grenzen benodigd aantal werkbare dagen. Uit de figuren (7) blijkt dat een oogstzekerheid van 80% de hoogste opbrengst geeft, bovendien blijkt dat verschil tussen 80 en 90% groter is dan tussen 80 en 70%. Hieruit kan afgeleid worden dat het nemen van risico's voordeliger is dan een te voorzichtige houding.

Opbrengstverhoging wordt ook veroorzaakt door vermindering van het benodigd aantal werkbare dagen en verlaging van de werkbaarheids grens (fig. 6). Beide factoren beïnvloeden elkaar gunstig maar hebben ook hun specifieke kosten. In tabel 3 en 4 wordt aangegeven het aandeel van elk van deze factoren in de opbrengstverhoging. Dit is uiteraard van groot belang bij de afweging van de voor en nadelen van die factoren.

Tabel 3. Procentuele opbrengstverhoging tengevolge van vermindering van het benodigd aantal werkbare dagen. BWD = 12 is op 100% gesteld. Oogstzekerheid 80%

BWD ψ	12	10	8	6	4
120	100	100,1	103,4	104,7	105,5
100	100	101,1	103,6	104,7	105,1
80	100	100,5	101,1	102,4	102,6
60	100	100,4	100,7	101,3	102,2
gem.	0	0,8	2,2	3,3	3,9

Tabel 4. Procentuele opbrengstverhoging tengevolge van verlaging van de werkbaarheids grens bij verschillen in BWD. Oogstzekerheid 80%

BWD ψ	120	100	80	60
4	100	103,8	109,2	113,7
6	100	104,9	109,7	113,5
8	100	104,4	109,3	113,9
10	100	104,6	111,6	116,9
12	100	104,6	112,2	117,3
gem.	0	4,5	10,4	15,1

Bij de berekening van tabel 3 is uitgegaan van de veronderstelling dat bij een oogstperiode van 12 dagen de opbrengst 100% is.

Uit de tabel valt een lichte opbrengststijging waar te nemen wanneer het benodigd aantal werkbare dagen afneemt, terwijl de toename kleiner wordt naarmate de werkbaarheids grens daalt.

Voor het verkrijgen van tabel 4 is de opbrengst bij een werkbaarheidsgrens van 120 cm op 100% gesteld.

De toename tengevolge van verlaging van de werkbaarheidsgrens blijkt veel groter dan de toename veroorzaakt door een kleiner benodigd aantal werkbare dagen. De totale opbrengstverhoging wordt dus voor het grootste gedeelte bewerkstelligd door verlaging van de werkbaarheidsgrens, verkorting van de oogstperiode heeft een veel kleiner opbrengstverhogend effect.

Door de factor kosten in de berekening te betrekken zal een juister oordeel over deze aspecten kunnen worden gegeven.

4. Samenvatting en conclusies

Met behulp van een hydraulisch analogon is getracht verband te leggen tussen de vochtspanning van de grond, het aantal werkbare dagen, de lengte van de oogstperiode en de opbrengst van suikerbieten op een middelzware zavel. Hiertoe is de vochtspanning in de bovenlaag gedurende 20 herfstten gesimuleerd. Uitgegaan is van de gedachte dat - de groeicurve van suikerbieten in ogenschouw nemende - uitstel van de oogstdatum binnen zekere grenzen verhoging van de opbrengst zal bewerkstelligen.

Uitstel van de oogstdatum kan worden verkregen door de werkbaarheidsgrens, dat is die vochtspanning van de grond waarbij nog gewerkt kan worden, te verhogen of door het benodigde aantal werkbare dagen te verminderen - dit wil zeggen de machine-intensiteit te vergroten - en door combinatie van beide factoren.

In verband met de specifieke kosten - die hier buiten beschouwing zijn gelaten - is geprobeerd het aandeel in de extra opbrengst van beide factoren afzonderlijk te bepalen.

Geconcludeerd kan worden dat het aantal werkbare dagen toeneemt wanneer de werkbaarheidsgrens bij een lagere vochtspanning wordt gelegd. (Werken onder nattere omstandigheden). Dit heeft tot gevolg dat de oogstperiode later in het groeiseizoen valt waardoor een verhoging van de opbrengst ontstaat.

Vergroting van de machine-intensiteit heeft ook tot gevolg dat de oogstdatum kan worden uitgesteld, maar het opbrengstverhogend effect is veel kleiner.

Door de specifieke kosten van beide factoren bij de interpretatie van de gegevens te betrekken zal een juister beeld kunnen worden gegeven.

Met betrekking tot de keuze van de oogstzekerheid kan gesteld worden dat een al te voorzichtige houding nadeliger is voor de opbrengst dan het nemen van een klein risico.

Onderzoek naar de invloed van de ontwateringsdiepte als extra dimensie van dit onderzoek verdient aanbeveling.

Tenslotte zij erop gewezen, dat in dit onderzoek op geen enkele wijze rekening is gehouden met eventuele premies voor vroege en late levering, noch met veranderingen die daarin worden aangebracht wanneer in de toekomst meer late leveringen zouden plaatsvinden.

Literatuur

- Boels, D. en G.P. Wind, 1975. Enkele cultuurtechnische aspecten van de oogstproblemen in 1974. Landbouwk. Tijdschr. 87; 96-100.
- Hil, J. van den, 1975. Premies voor de vroege en late levering. Maandblad Suikerunie 7, 7, 8-10.
- Perdok, U.D. en T. Tanis, 1975. Onderzoek naar het aantal werkbare dagen voor de voorjaarsgrondbewerking. Bedrijfsontwikkeling 6. 633-635
- Wind, G.P., 1972. A hydraulic model for simulation of non-hysteretic vertical unsaturated flow of moisture in soils. Journal of Hydrology 15, 227-246.
- , 1976. Application of analog and numerical models for an investigation in the influence of drainage on workability in Spring. Neth. Journ. Agr. Sci. 1976 in press.
- Wijk, A.L.M. van en R.A. Feddes, 1975. Invloed van de waterhuishouding op de opbrengst van landbouwgewassen. Nota ICW 867.

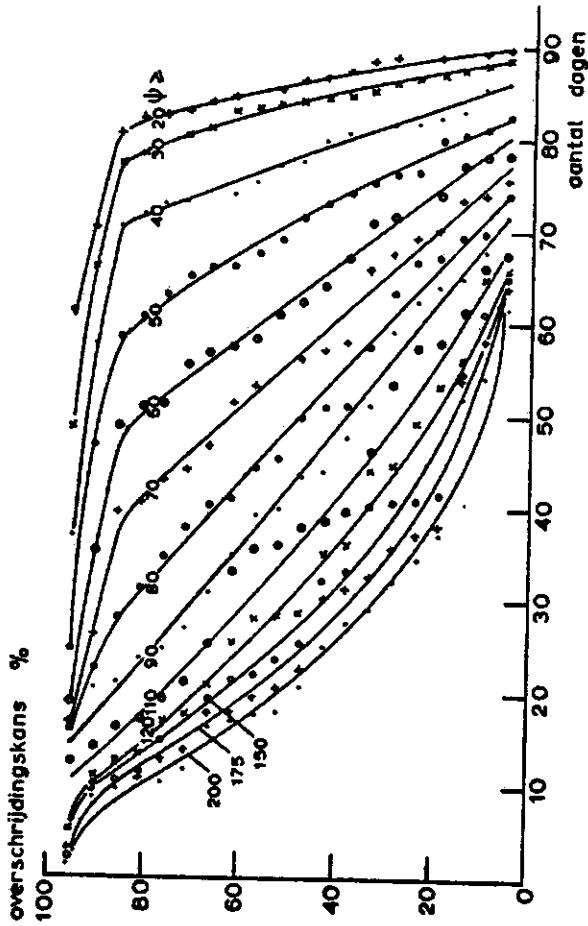


Fig. 1. Kans (P) op een aantal dagen waarop een bepaalde vochtspanning wordt overschreden berekend over 20 jaar

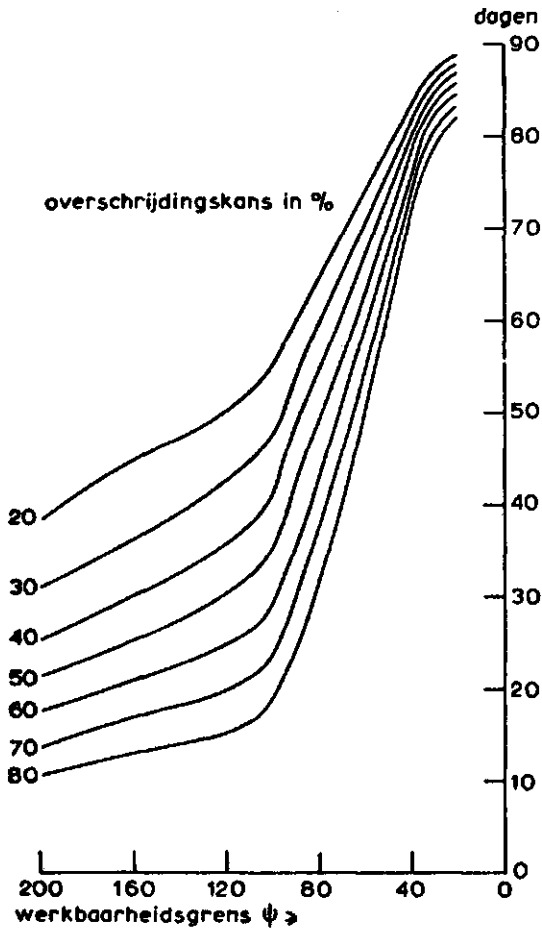


Fig.2. Aantal dagen waarop de vochtspanning groter of gelijk is van een zekere grenswaarde voor verschillende overschrijdingskansen

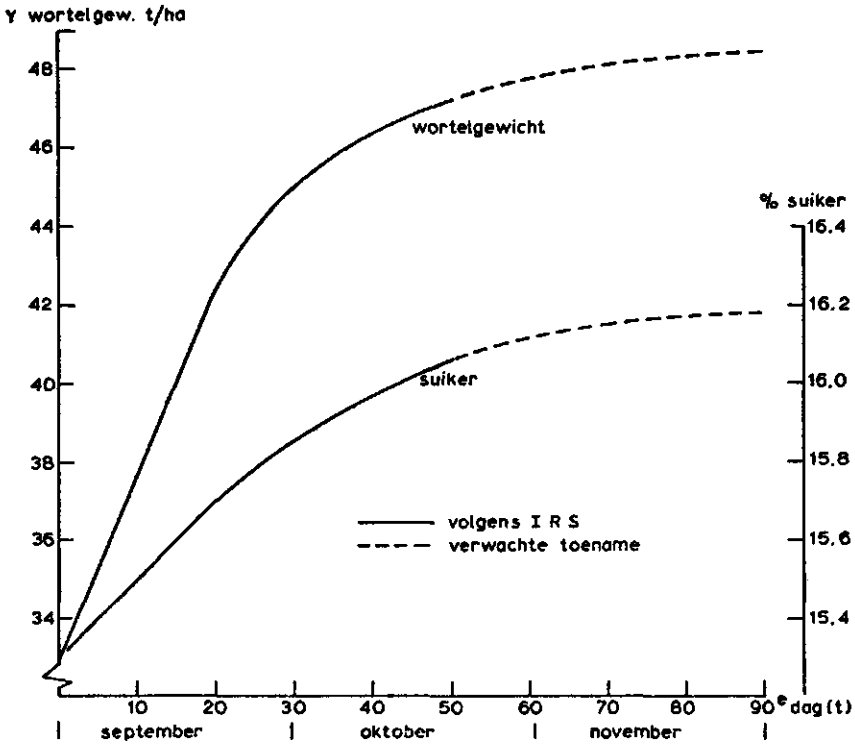


Fig. 3. Gemiddelde toename wortelgewicht en suikergehalte van suikerbieten (1953 t/m 1972)

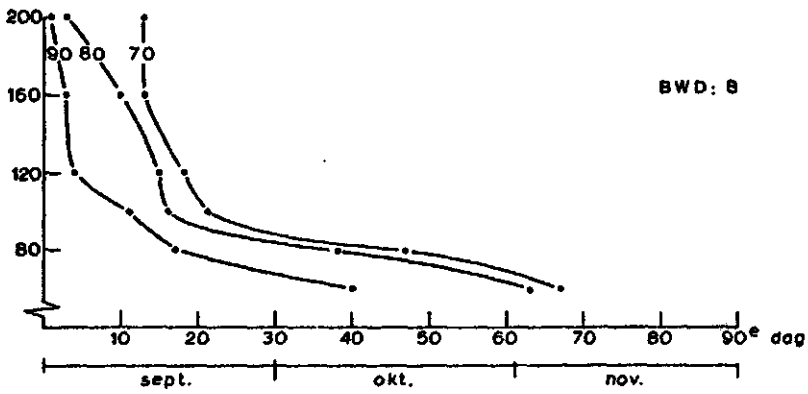
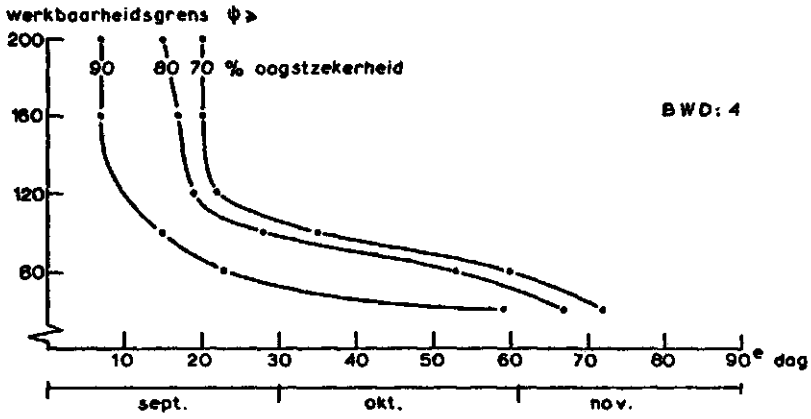


Fig. 4.

Invloed van de keuze van de oogstzekerheid op de begindatum van de oogst bij verschillen in BWD

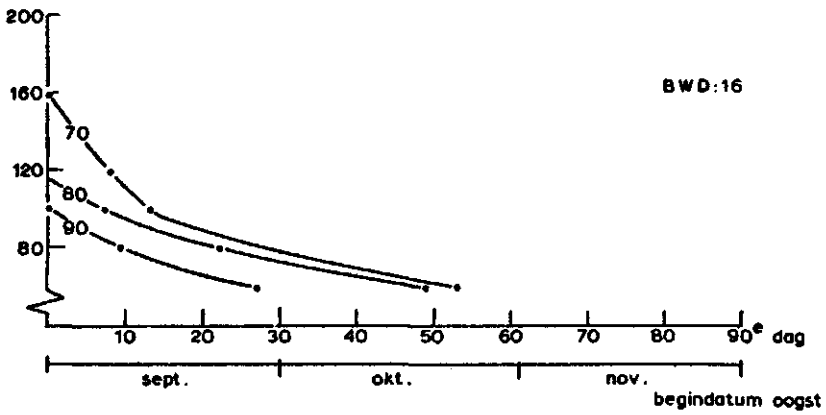
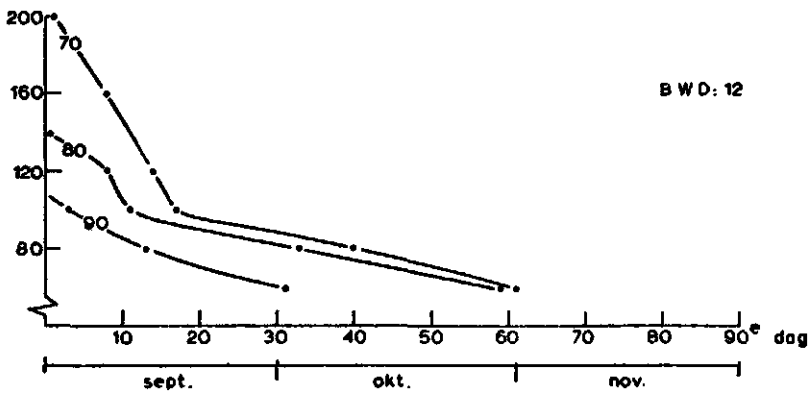


Fig. 4 (vervolg)

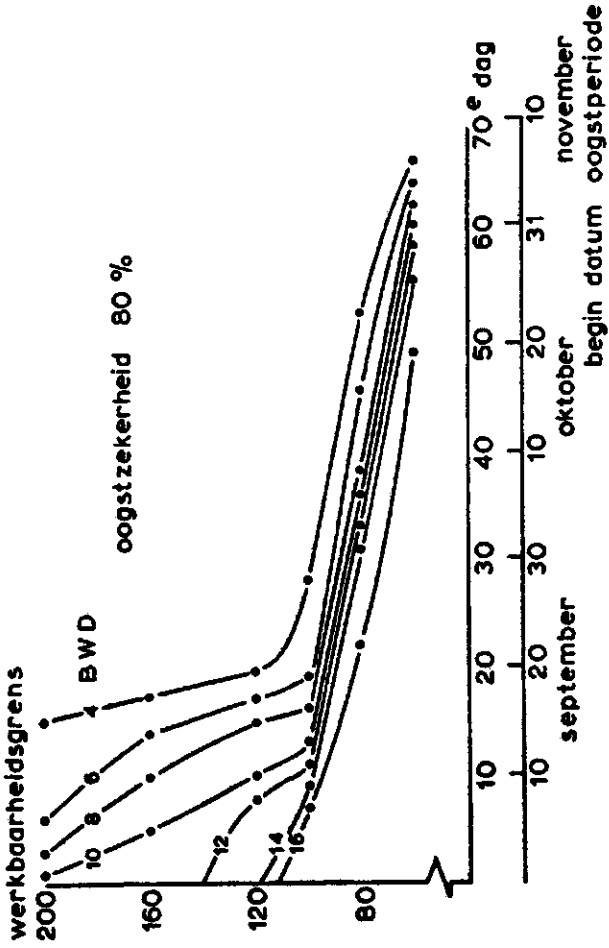


Fig. 5. Invloed van het benodigd aantal werkbare dagen (BWD) op de begindatum van de oogst

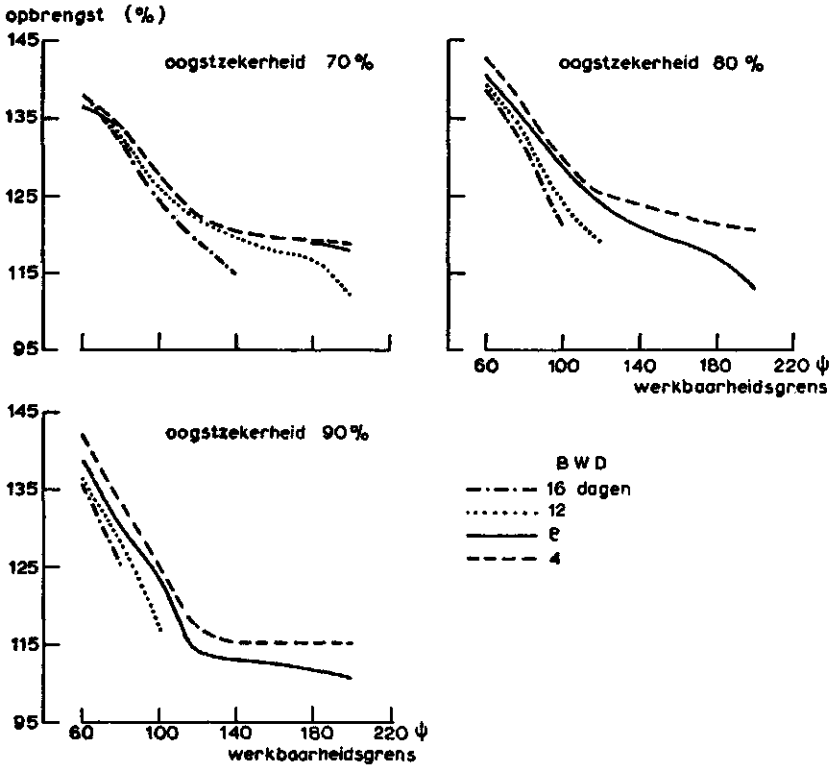


Fig. 6.

Verband tussen de procentuele opbrengst en de werkbaarheids-
grens bij verschillen in BWD en oogstzekerheid. 100% is de
potentiële opbrengst bij oogst op 1 september

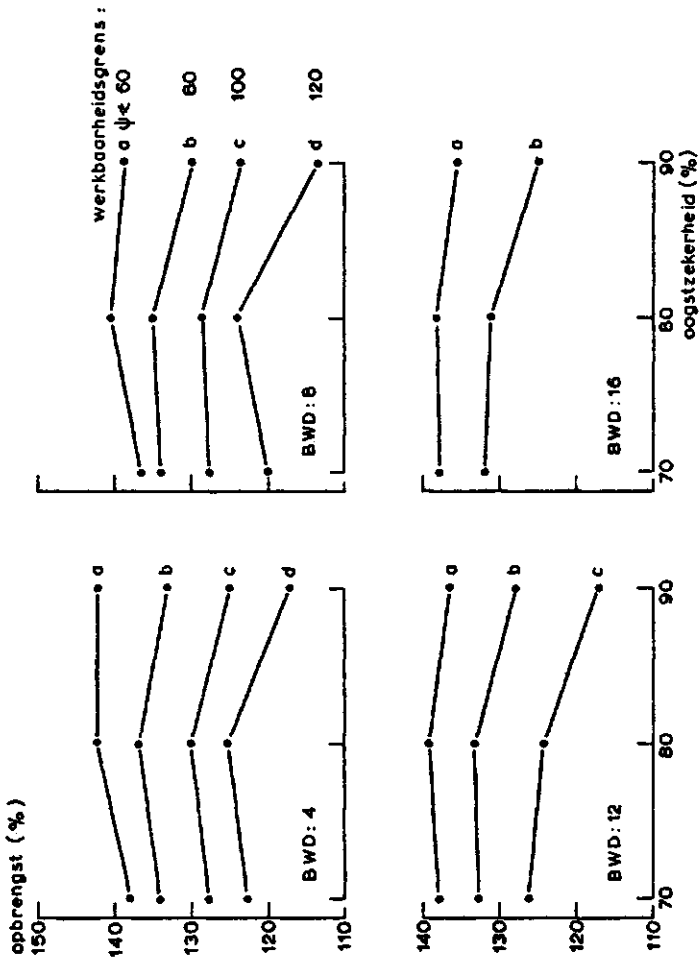


Fig. 7. Invloed van de keuze van de oogstzekerheid op de procentuele opbrengst. 100% is de potentiële opbrengst bij oogst op 1 september.

ARBEID IN PROGRAMMERINGEN VAN AKKERBOUWBEDRIJVEN
DOOR HET PAGV

door

Ir. P.K. Cevaal en Ing. W.P. Noordam
Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond
Lelystad

Bij de huidige werkwijze wordt het arbeidsaanbod gesteld tegenover de in de tijd verdeelde arbeidsbehoefte.

Werkwijze t.a.v. het arbeidsaanbod

Bij programmeringen van akkerbouwbedrijven wordt op het PAGV gewerkt met een netto arbeidsaanbod van 80 manuren per halve maand. Dit is het voor veldwerkzaamheden beschikbare gedeelte van het bruto arbeidsaanbod, waarbij onder bruto arbeidsaanbod wordt verstaan, het arbeidsaanbod volgens de CAO inclusief de toelaatbare overuren. In het vroege voorjaar (maart) en het late najaar (november) wordt afhankelijk van het gebied of de grondsoort dit netto arbeidsaanbod verlaagd tot 60 à 70 manuren per halve maand.

Via het aldus gestelde netto arbeidsaanbod wordt het probleem van het onwerkbaar weer buiten beschouwing gelaten. Het netto arbeidsaanbod van 80 manuren/halve maand moet als een ervaringscijfer worden gezien.

Uit de waarnemingen van de heer Hokke, aangevuld met het commentaar van de heer Hartmans is gebleken, dat dit ervaringscijfer redelijk overeenkomt met deze waarnemingen.

Werkwijze t.a.v. de arbeidsbehoefte en de verdeling daarvan over het verloop van de tijd

De arbeidsbehoefte wordt gebaseerd op de taaktijd per bewerking bij een gegeven gemiddelde perceelsgrootte, een gegeven gemiddelde afstand tot de gebouwen en een gegeven werksnelheid, werkbreedte en werkorganisatie. Deze gegevens worden ontleend aan de IMAG data service.

Per bewerking wordt de periode vastgesteld waarin deze bewerking moet worden uitgevoerd. Vervolgens wordt de bijbehorende arbeidsbehoefte per half-maandelijke periode over deze tijdsduur verdeeld. Afhankelijk van het gewas en de aard van de bewerking vindt al dan niet een evenredige verdeling van de arbeidsbehoefte plaats.

Beperkingen t.a.v. machinecapaciteiten

Bij de huidige werkwijze wordt de machinecapaciteit enerzijds gekoppeld aan het netto arbeidsaanbod per half-maandelijke periode, terwijl anderzijds rekening wordt gehouden met de totale seizoencapaciteit bij de gegeven gewas mogelijkheden.

Door deze werkwijze wordt getracht te bereiken dat noch het totaal aantal werkbare dagen in het seizoen, noch het aantal werkbare uren per half-maandelijke periode worden overschreden.

Gegeven de bovenstaande werkwijze worden de volgende vraagpunten ter discussie gesteld.

- Is er gegronde aanleiding het gestelde netto arbeidsaanbod van 80 manuren per halve maand te wijzigen bij het programmeren van akkerbouwbedrijven, en zo ja, is er dan een programmeringstechnisch uitvoerbaar en praktisch bruikbaar alternatief?
- Is er aanleiding om in bepaalde gevallen, nl. daar waar de taaktijd en de zuivere werktijd sterk van elkaar afwijken (zoals bv. bij het maaidorsen) met een lagere tijd te werken dan de taaktijd?
- Wat is de beste mogelijkheid om beperkingen die de werkbaarheid oplegt aan machinecapaciteiten in programmeringsmodellen op te nemen?

WERKINDELING EN WERKBAARHEID

door

Ir. E. van Elderen

Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen
Wageningen

Inleiding

De landbouwer die wil produceren moet bewerkingen uitvoeren en beslissen wanneer en met welke mensen, trekkers en werktuigen dat dient te gebeuren.

Het uitvoeren van bewerkingen wordt beperkt door de beschikbare mensen en bedrijfsuitrusting en door de werkbaarheid van de materialen zoals gewas, bijprodukt (stro) of grond. De werkbaarheid van materialen is gebonden aan eigenschappen zoals rijpheid, vochtgehalte of aanhangend vocht (dauw) die afhangen van het weer.

Zijn we in staat om deze relaties tussen het weer, de materialen en de bewerkingen onder te brengen in een model, waarmee we gemakkelijker kunnen experimenteren dan met de werkuitvoering op een landbouwbedrijf of proefbedrijf?

Aan welke voorwaarden dient zo'n model te voldoen en wat is het effect als enkele voorwaarden worden versoepeld, gerelaxeerd?

Onderzoek naar de toepasbaarheid van trekkers en werktuigen op een landbouwbedrijf vergt zo'n model voor de werkindeeling dat gericht is op tenminste enkele belangrijke kenmerken van de werkelijkheid van de werkuitvoering:

- het uitvoeren van bewerkingen door mensen en door elementen uit de bedrijfsuitrusting in werkploegen;
- niet alle werkploegen kunnen tegelijkertijd werken, omdat mensen en machines in beperkte aantallen aanwezig zijn; de werkploegen die tegelijkertijd kunnen werken vormen combinaties van één of meer werkploegen;
- het bewerken kan slechts plaatsvinden als de eigenschappen van de te bewerken materialen voldoen aan de eisen van de machines (vochtgehalte van de grond) en die van de landbouwer (vochtgehalte van het graan);
- zonodig worden extra kosten gemaakt om nat graan te drogen of overuren gemaakt om urgent werk niet te belemmeren;

- voortdurend neemt de landbouwer beslissingen over het inzetten van combinaties op basis van de urgentie van het bewerken van materialen op een beslissingstijdstip;
- de tijdsduur van toepassen van zo'n combinatie (of van geen enkele) hangt af van het volgende beslissingstijdstip dat wordt bepaald door:
 - a. de bewerking (materiaal geheel bewerkt, 'geproduceerd', geleverd nat graan vult de graandroger)
 - b. de mens (middagpauze of avonduren beginnen)
 - c. de werktuigen (storing)
 - d. de materialen (vochtgehalte wordt te hoog, dauw in het gewas)
 - e. het weer (regen, andere weersverwachting)

Het uitvoeren van werk op een landbouwbedrijf is te beschrijven als een stelsel met drie subsystemen:

- het biologische subsysteem dat bestaat uit de materialen die worden bewerkt of door bewerken ontstaan (graan, stro-pakken, geploegd land);
- het man/machine subsysteem dat bestaat uit de mensen en de bedrijfsuitrusting; deze elementen worden samengevoegd tot werkploegen die een bewerking uitvoeren volgens een bepaalde methode en vervolgens worden werkploegen samengevoegd tot combinaties waaruit moet worden gekozen; een werkploeg bewerkt een of meer materialen en levert een of meer andere materialen van het biologische subsysteem (pootgoed en pootklaar land worden bewerkt door het aardappelpoten zodat een perceel aardappelen wordt geleverd);
- het klimaat subsysteem dat het weer voortbrengt, bijvoorbeeld uurlijkse gegevens van het KNMI en waaruit eigenschappen van de materialen (vochtgehalte) worden afgeleid.

Bovendien onderscheiden we in het systeem de natuurlijke processen in het biologische en het klimaat subsysteem, waarop de beslisser geen invloed heeft, zoals het groeien van een gewas, het weer, het vochtgehalte van rijp graan en het beslissingsproces dat door het uitvoeren van bewerkingen met het man/machine-subsysteem even ingrijpt in de 'omgeving' van het natuurlijke proces (kunstmest gift, aanaarden, loof verwijderen, oogsten).

Simulatie model

Weergeven van de werkelijkheid in een model is gericht op de genoemde kenmerken. Het werkindelingsprobleem wordt nu gezien als een n-staps beslissingsprobleem,

waarbij n beslissingstijdstippen evenzovele stadia markeren in het systeem van werkuitvoering. Op een beslissingstijdstip bestaat de toestand van het systeem o.a. uit de hoeveelheid van ieder materiaal, de eigenschappen van de materialen, de beschikbaarheid van mensen en werktuigen voor werkuitvoering en het weer. Deze toestand en de verwachte ontwikkeling daarvan wordt geëvalueerd en leidt op enigerlei wijze tot een beslissing; de beslissing betreft de keuze van een combinatie en van de tijdsduur waarover deze wordt gebruikt. Een heuristische strategie om tot zo'n beslissing te komen is beschreven door Van Elderen (1977). Het toepassen van de combinatie en het voortschrijden van de tijd leiden tot o.a. verandering in de hoeveelheden van de materialen en van eigenschappen van materialen door natuurlijke processen of drogen, tot transformatie van de toestand van het systeem van het ene naar het andere beslissingstijdstip. Tegelijkertijd met de transformatie wordt vastgelegd hoeveel van de bewerkte materialen al verloren zijn gegaan, de zogenaamde tijdsverliezen: uitval van korrels, achteruitgang van kwaliteit van stro en stropakken door regen.

De transformatie verbindt de toestanden op de beslissingstijdstippen, waardoor duidelijk is dat de beslissingen in de werkelijkheid niet onafhankelijk van elkaar zijn. In een model wordt verondersteld dat het voorgaande verloop van de natuurlijke processen en de in het verleden genomen beslissingen voldoende tot uitdrukking worden gebracht in de toestand, zodat het onnodig is voorgaande toestanden nog te kennen of te onthouden om een beslissing te nemen. Zo'n simulatie model is ontwikkeld voor de graanoogst in een 2 mansbedrijf met maaidorser, stropers, pakkenlader/losser, trekker, wagens, stoppelploegen en een graandroger. Dit model is toegepast voor 60 ha tarwe.

Probleemvereenvoudiging

De werkindeling in de graanoogst is benaderd door een reeks van problemen op te lossen met het simulatiemodel voor acht oogstseizoenen. De totale variabele kosten voor overuren, drogen van nat graan en de tijdsverliezen voor tarwe en stro worden gegeven om het effect van vereenvoudigingen te meten. Hierbij moeten we enkele soorten vereenvoudigingen onderscheiden:

1e vereenvoudiging van de werkuitvoering in het model door af- en aanloop (transport naar het perceel bij veldwerk) niet meer afzonderlijk van het werk te doen plaatsvinden maar het zo goed mogelijk op te nemen in de capaciteit van werken;

2e vereenvoudiging van de uit te voeren taak door slechts één rijpheidsdatum voor 60 ha tarwe te nemen in plaats van twee of meer;

3e vereenvoudiging van de benodigde gegevens van het weer en de materialen door niet de waargenomen volgorde te hanteren maar per dag of zelfs per week gelijksoortige uren te aggregeren. Een uur is gelijksoortig aan een ander uur als de eigenschappen van weer en materialen tot eenzelfde klasse behoren en beide behoren tot de normale werktijd of tot de overuren.

Een vereenvoudiging van het probleem leidt in het algemeen tot een te lage schatting van de kosten als een beperking in het probleem wordt opgeheven of minder knellend wordt. Sommige vereenvoudigingen echter heffen niet alleen beperkingen op maar versterken tevens andere beperkingen, bijvoorbeeld alle tarwe met één rijpheidsdatum heft de beperkingen van een tweede datum volledig op, maar wijst de taak volledig toe aan die van de eerste rijpheidsdatum.

Resultaten

In Tabel 1 zijn de gemiddelde kosten voor acht seizoenen van de problemen A-J gegeven. Er zijn twee oplossingsmethoden gebruikt: het simulatiemodel en een lineair programmeringsmodel. Dit laatste model is verdeeld in vijf weken in de oogstperiode en lost het werkindelingsprobleem in één stap op en niet stap voor stap als bij het simulatiemodel.

Dat de kosten lager worden geschat bij het relaxeren van het probleem (het opheffen of verruimen van beperkingen) wordt getoond voor de vereenvoudigingen B - C (-812) en I - J (-547). Het omgekeerde doet zich voor als de vereenvoudiging een andere beperking meer knellend maakt door werk te verschuiven C - D (+886), G - H (+ 3466) in 1968.

Verschuiving van een beperking zoals de opname van af- en aanloop in de capaciteit leidt tot verlaging van de geschatte kosten, A - B (-366) vooral omdat in A meer af- en aanloop is opgetreden dan in B in de capaciteit is opgenomen. Het afstemmen van de capaciteiten van de werkploegen in B op de in A opgetreden af- en aanloop leidt tot geringere verschillen.

Aggregatie van gelijksoortige uren verandert de volgorde waarin de uren in het simulatiemodel worden gebruikt en leidt daardoor tot steeds lagere kosten als de werkbare uren voorafgaan aan de niet werkbare uren: D - E (-283) en E - F (-764). Deze te lage schatting van de kosten worden in E - F voorkomen door de tijdsverliezen van graan te berekenen met een ruwe methode als

een gemiddeld verlies per week. De overgang van F naar G voor 1968 leidt tot een te lage schatting van de kosten (-2224) tengevolge van zowel het verwaarlozen van de volgorde van de uren als het oplossen van het probleem met een lineair programmeringsmodel in één stap. Hierdoor wordt een optimale oplossing gevonden die het aantal werkbare uren in alle weken tegelijkertijd overziet, hoewel de landbouwer hoogstens een verwachting van het weer van de eerstvolgende dagen kent en een gemiddeld aantal werkbare uren voor daarop volgende weken hanteert.

Tenslotte toont probleem I met gemiddelde beperkingen van werkbare uren lagere kosten dan de gemiddelde kosten bij de beperkingen over acht seizoenen in probleem H. Bij gemiddelde beperkingen wordt het effect op de kosten van de jaren met weinig werkbare uren onderschat; dit wordt vaak ondervangen door het 20-percent punt van de werkbare uren te nemen.

De samenstelling van de kosten kan eveneens veranderen, maar blijft hier onbesproken.

Besluit

Een beoordeling van het kostenniveau heeft geleid tot behoorlijke verschillen tussen de problemen A - J, Tabel 1. Op grond van een te lage schatting van de kosten kan een probleemstelling worden afgewezen. Daar tegenover staat dat verschillen in kosten tussen problemen met eenzelfde probleemformulering, opgelost met eenzelfde techniek, bijvoorbeeld voor bedrijfsuitrustingen of man/machinesystemen wel degelijk tot bruikbare uitspraken kan leiden als beide kostenniveaus vrijwel eenzelfde bedrag te laag worden geschat. Naast de kosten-samenstelling is ook de uitvoerbaarheid van de werkindeling van belang. Zo is voor probleem J met werkploegen als beslissingsvariabelen, eenvoudig aan te tonen dat te weinig beperkingen zijn opgenomen. Als dit als niet te ernstig wordt beschouwd bij de keuze van gewassen dan mag toch niet worden geconcludeerd dat een bedrijfsuitrusting passend is voor uitvoering van het werk binnen de gehanteerde beperkingen voor werkbare uren.

De modellen zijn ook nog op een andere wijze te vergelijken. Het is duidelijk dat het werken met combinaties (verzamelingen van werkploegen) en juist gebruik van mensen en bedrijfsuitrusting garandeert in tegenstelling tot de in problemen I en J gebruikte werkploegen.

Het aantal werkbare uren is in alle problemen goed op te nemen, maar de volgorde van optreden alleen in de met een simulatie model opgeloste problemen A - F

De wijze van oplossen in n stappen, als in het simulatie model, benadert de werkelijkheid beter dan de in één stap verkregen oplossing van een lineair programmeringsmodel, waarbij alle informatie over een seizoen volledig wordt benut.

De oplossing is bij het lineair programmeringsmodel optimaal. Bij het simulatiemodel bestaat de oplossing uit een reeks van beslissingen, waarvan de kracht afhangt van de heuristische strategie (die overigens optimaliserende rekenvoorschriften kan bevatten). Zo'n strategie wordt beoordeeld op haar bruikbaarheid en vergeleken met een optimale strategie als die is te formuleren.

In het algemeen lijkt een waarschuwing op haar plaats voor het introduceren van vereenvoudigingen van de probleemstelling in modellen voor de bepaling van de werkindeling of in modellen die een bruikbare werkindeling veronderstellen bij de keuze van gewassen.

Literatuur

Elderen, E. van, 1977. Heuristic Strategy for Scheduling Farm Operations, Pudoc, Wageningen.

Tabel 1. Variabele kosten en probleemvereenvoudigingen

A - F opgelost met het simulatiemodel

G - J opgelost met een lineair programmeringsmodel

Probleem	Vereenvoudiging ten opzichte van voorgaande problemen	Variabele kosten in guldens		
			1)	2)
A	-	6908		
B	Af- en aanloop in de capaciteit, onderhoud maaidorser in de capaciteit, geen storingen van de pakken lader/losser	6543		
C	Geen beperking in de opslag van nat graan of pakken op wagens, overuren op zaterdagavond	5730		
D	Rijpheidsdatum van tarwe 1 aug. i.p.v. 1 en 9 augustus	6616	6972	
E	Uurlijkse weer en materiaal gegevens geaggregeerd binnen één dag	6334	6706	
F	Aggregatie binnen een week	5570	6664	6963
G	Volgorde van aggregaten van uren per week vervangen door beperkingen in aantallen werkbare uren per week			4739
H	Werkbare uren voor stropersen, niet ruimer dan die voor maaidorsen, maaidorserscapaciteit 1/6 lager		6628	8205
I	Beperkingen van werkbare uren volgens gemiddelden van 16 juli tot 30 sept. in 1957-1968		5547 ³⁾	
J	Geen combinaties (verzamelingen van werkploegen) als beslissingsvariabelen maar werkploegen met beperkingen voor mensen en enkele machines		5000 ³⁾	

1) tijdigheidsverliezen van tarwe volgens een gemiddeld verlies per week

2) kosten voor 1968

3) één waarneming

WEER EN WERK

H e t g e b r u i k v a n w e e r g e v o e l i g h e i d s -
k l a s s e n e n w e r k b a a r h e i d s k l a s s e n b i j
e n k e l e b e g r o t i n g s t e c h n i e k e n

door

Ing. G.H. Kroeze en Ing. R.K. Oving
Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen
Wageningen

Inleiding

Vrijwel alle veldwerkzaamheden op landbouwbedrijven zijn in meerdere of mindere mate afhankelijk van het weer. Niet alleen het actuele weer is van invloed op het al of niet kunnen uitvoeren van een bewerking, maar ook het weer, dat hieraan voorafging. Dit laatste bepaalt nl. voor een deel de toestand van de grond en eventueel het gewas, waarop en/of waarin de bewerking moet worden uitgevoerd. In deze bijdrage zal nu worden aangegeven hoe deze werkbaarheidsproblematiek wordt aangepakt bij het IMAG-Arbeidsbegrotingssysteem en het IMAG-Organisatiespel.

Indeling in klassen

Elke bewerking stelt in feite zijn eigen specifieke eisen aan de toestand van grond, weer en gewas om tijdens de werkuitvoering het gewenste resultaat te kunnen bereiken. Het is echter zeer omvangrijk en gezien de nauwkeurigheid van genoemde begrotingstechnieken ook niet noodzakelijk om elke bewerking bij de berekeningen apart te beschouwen.

Dit heeft ertoe geleid, dat zowel de bewerkingen als de beschikbare uren zijn verdeeld in klassen, d.w.z. aan elke bewerking wordt een weergevoeligheidsklasse toegekend, terwijl van het arbeidsaanbod wordt aangegeven welk deel van het totaal aanbod beschikbaar is voor bewerkingen, die behoren bij een weergevoeligheidsklasse.

Bij de keuze voor een indeling in klassen heeft naast minder rekenwerk ook het volgende nog een rol gespeeld:

- uitgaande van een bepaalde grondsoort en een voor het uitvoeren van een bewerking teelttechnisch geschikte toestand van het gewas speelt alleen de invloed van het actuele en voorafgaande weer een rol bij de werkuitvoering. Bij een indeling in klassen op basis van weergevoeligheid zal dus steeds moeten worden aangegeven om welke grondsoort het gaat en hoeveel klassen worden onderscheiden;
- juist gezien de nog beperkte kennis, omtrent de werkbaarheid is het eenvoudiger een bepaald (iets globaler) niveau van een klasse aan te geven dan een nauwkeuriger schatting per bewerking.

Een en ander heeft ertoe geleid, dat door de heer D. Hartmans en Ing. T. Tanis van het IMAG "Gewasoverzichten" zijn opgesteld, waarin per gewas per (eventueel) uit te voeren bewerking naast o.a. de periode van uitvoering is aangegeven de weergevoeligheidsklasse (zie bijlage 1). Hierbij is uitgegaan van kleigrond (30-35% afslibbaar). De bewerkingen zijn verdeeld in vijf weergevoeligheidsklassen, waarbij als norm geldt de behoefte aan mooi, droog weer. Bij weergevoeligheidsklasse 1 is deze het hoogst en bij klasse 5 in het geheel niet aanwezig.

Enkele voorbeelden:

weergevoeligheidsklasse 1	: maaidorsen, pootklaar maken aardappelland
"	2 : aanaarden
"	3 : loofklappen, rooien suiker- bieten
"	4 : ploegen, selecteren (land nog berijdbaar)
"	5 : aardappelen sorteren (werk in gebouwen).

Bij de keuze van de volgorde 1-5 van de weergevoeligheidsklassen heeft een rol gespeeld, dat bewerkingen in het algemeen ook bij beter weer kunnen worden uitgevoerd, dan het weer dat bij een bepaalde klasse hoort. Slechts voor een enkele bewerking (bv. sommige spuitbewerkingen) is dit niet het geval. De klassen zijn dan ook gerangschikt naar afnemende weergevoeligheid, d.w.z. toenemende werkbaarheid. Vandaar dat ook een tabel is opgesteld met vijf "cumulatieve werkbaarheidsklassen" (zie bijlage 2), waarin per klasse is aangegeven hoeveel

procent van het arbeidsaanbod in principe beschikbaar is voor het uitvoeren van de bewerkingen uit de corresponderende weergevoeligheidsklasse, dus in feite de bovengrens van de werkbare uren.

De percentages, die in deze tabel zijn genoemd, zijn gebaseerd op onderzoek (zie o.a. de bijdragen van Portiek en Tanis) en ervaring. Verder zijn deze percentages zodanig gekozen, dat hierop in gemiddeld 80% van de jaren minimaal kan worden gerekend.

Het gebruik van deze klassen bij:

- A. Het IMAG - Arbeidsbegrotingssysteem
- B. Het IMAG - Organisatiespel
- C. Lineaire programmering

a d A.

Bij het IMAG - Arbeidsbegrotingssysteem worden op basis van manuren de arbeidsbehoefte en het arbeidsaanbod met elkaar vergeleken, met als doel na te gaan in hoeverre deze op elkaar zijn afgestemd. Het jaar wordt hierbij verdeeld in halve maanden, zodat per halve maand een overschot of tekort wordt signaleerd. Het gebruik van weergevoeligheidsklassen en werkbaarheidsklassen biedt de mogelijkheid om beter deze overschotten en tekorten te kunnen signaleren, met name voor de bewerkingen met een min of meer beperkte werkbaarheid (weergevoeligheidsklasse 1-4). Bij klasse 5 worden geen beperkingen verondersteld.

Deze vergelijking gebeurt cumulatief, d.w.z. beginnend met klasse I (hoogste weergevoeligheid) wordt steeds het bewerkingenpakket met één klasse uitgebreid, en daarmee ook het beschikbaar aantal uren, omdat de grens van de mogelijkheid om nog te kunnen werken is verlegd naar "slechtere" weersomstandigheden. Een voorbeeld van de weergave van deze vergelijking in de computeruitvoer staat in bijlage 3. Op deze wijze kan een tekort aan bv. weer uit klasse I worden gesignaleerd, zodat de boer juist voor die bewerkingen (ook) maatregelen moet nemen. Bij een hoger werkbaarheidsniveau (bv. cumulatieve werkbaarheidsklasse II) kan dit tekort bijvoorbeeld zijn verdwenen. Dit houdt in, dat als alle bewerkingen uit de weergevoeligheidsklassen 1 en 2 in weergevoeligheidsklasse 2 waren geplaatst er geen tekort zou zijn. Een deel van het werk uitvoeren bij slechtere weersomstandigheden is dan één van de mogelijkheden om het tekort bij klasse 1 op te heffen. Hierover doet het arbeidsbegrotingssysteem echter geen uitspraken. Het signaleert en laat de beslissing (uiteraard) over aan de boer.

a d B

Evenals bij het arbeidsbegrotingsstelsel wordt bij het IMAG - organisatiespel uitgegaan van een gegeven bouwplan en werktuigeninventaris. Bij het organisatiespel wordt echter niet gerekend met manuren, maar met werkuren, d.w.z. met de tijdsduur van bewerkingen. Elke bewerking vereist een aantal personen en werktuigen (werkploeg). Afhankelijk van de beschikbare middelen kunnen verschillende bewerkingen gelijktijdig worden uitgevoerd. In hoeverre dit zal gebeuren hangt echter ook af van de weergevoeligheid van de bewerkingen. Zo zal bijvoorbeeld de werkploegencombinatie maaidorsen (klasse 1) en ploegen (klasse 4) alleen voorkomen tijdens de maaidorsbare uren, terwijl er wel meer ploeguren beschikbaar zijn.

Aan de hand van de opgegeven werkuren per bewerking worden in het rekenproces een aantal werkbaarheidsklassen gevormd, waarbinnen bewerkingen met een gelijke of lagere weergevoeligheid uitgevoerd kunnen worden. Tenslotte worden, rekening houdend met beschikbare werktuigen en personen en de weergevoeligheid alle mogelijke werkploegencombinaties vastgesteld, waarna wordt nagegaan in hoeverre de bewerkingsopdracht uitvoerbaar is met de beschikbare uitrusting. Op deze wijze bestaat de mogelijkheid de meer of minder hoge weergevoeligheid van de verschillende bewerkingen mee te laten spelen bij het beoordelen van de beschikbare middelen t.a.v. het uit te voeren plan.

a d C

Ook in lineaire programmeringsmodellen kan een overeenkomstige werkwijze worden gevolgd, waarbij een aantal mogelijkheden kan worden onderscheiden. De eenvoudigste toepassing is die waarbij voor iedere werkbaarheidsklasse, overeenkomstig arbeidsbegroting (zie ad A), een bij-voorwaarde wordt geformuleerd. Deze formulering houdt geen rekening met de mogelijkheid dat sommige bewerkingen niet gelijktijdig, maar na elkaar uitgevoerd moeten worden. Om in dit opzicht de werkelijkheid beter te benaderen kunnen bijvoorwaarden worden toegevoegd die ervoor zorgdragen dat bepaalde sommen van totale werktijden (of zuivere werktijden) de bijbehorende maxima niet overschrijden. Bijvoorbeeld kan bij gegeven of veronderstelde bedrijfsuitrusting en werkmethoden, het maaidorsen en inschuren van stro niet gelijktijdig plaats vinden, terwijl beide bewerkingen dezelfde weergevoeligheid bezitten. In dit geval mag de som van de totale werktijden voor maaidorsen en stro inschuren het maximum voor die werkbaarheidsklasse niet overschrijden.

Op deze wijze zou voor alle denkbare kritische ketens een bijvoorwaarde kunnen worden toegevoegd zodat een volledig stelsel wordt verkregen. (Oving en Tanis 1970). Een bezwaar hiervan is de grote omvang die het model hierdoor krijgt. Een andere methode is het opnemen van combinaties van werkploegen als variabelen in het model. Afhankelijk van de aanwezigheid van uitrustingselementen kunnen bepaalde combinaties van werkploegen wel of niet in de oplossing worden opgenomen, terwijl het optreden van deze combinaties tevens is onderworpen aan beperkingen vanwege de werkbaarheid. (Oving en Tanis 1970 en Oving 1973). De formulering is overeenkomstig die van het organisatiespel (zie ad B).

Slotopmerking

Het kan voorkomen dat binnen het begrip totale werktijd of taaktijd de werkbaarheidseisen niet gelijk zijn.

Met name bij maaidorsen komt het voor dat het veldwerk hogere eisen stelt dan de aan- en afloopwerkzaamheden. Wanneer de tijdselementen met een lagere weer gevoeligheid een relatief grote omvang hebben, is het wenselijk de taaktijd c.q. totale werktijd op te delen in twee of meer stukken. Deze stukken kunnen vervolgens worden behandeld als waren het aparte bewerkingen. Dit geldt voor alle drie genoemde toepassingen.

Literatuur

- Kroeze, G.H. Arbeidsbegroten per computer. IMAG-publicatie 32, 1975.
Oving, R.K. Taak en bedrijfsuitrusting, een organisatiespel. ILR-rapport 172, 1970.
Oving, R.K. en T. Tanis. Arbeidsorganisatie en taakomvang bij de uitvoering van veldwerkzaamheden. ILR-rapport 167, 1970.
Oving, R.K. Farming task and machinery. ILR-Research Report 3, 1971.
Postma, G. Arbeidsbegroten in de landbouw. IMAG-publicatie 38, 1975.

Gewas: wintertarwe

Bijlage I

Bewerkings code	Omschrijving van de bewer- king	Periode van uitvoering begin einde	Nummer verdeling	Weergevoelig- heidsklasse	Werkmethode c.q. Richt- tijd	Code werk- methode
A B						
24 3	wieden	apr. 1 mei 1 7 9	0 4	4	lange hak richttijd	mu per ha
21 0	bespuiting met CCC	mei 1 mei 1 9 9	1 3	3	sputmachine . tank vullen op perceel . tank vullen op erf	163 164
17 3	chem. ziektebestrijding	mei 2 mei 2 10 10	1 3	3	sputmachine . tank vullen op perceel . tank vullen op erf	163 164
17 2	chem. ziektebestrijding	juni 2 juni 2 12 12	1 3	3		
23 1	selecteren	juni 2 juli 1 12 13	1 4	4	handwerk richttijd	mu per ha 221
35 0	maaidorsen	aug. 1 aug. 2 15 16	0 1	1	zelfrijdende maaidorser met tank . tank lossen op wendakker . tank rijdend lossen zelfrijdende maaidorser met opzakinr. 181	179 180
62 0	drogen en controle	aug. 1 aug. 2 15 16	0 5	5	richttijd	mu per ha
51 0	afleveren		0 5	5	richttijd	mu per ha

36	0	stro persen	aug. 1	aug. 2	0	1	pakken verspreid op veld of onbeman- de slede of pakkenwagen	191
							pakken in onbemande aangehangen wagen	192
							. wagen wisselen op wendakker	
							. wagen willekeurig op perceel wisse- len	193
							pakken op aangehangen wagen met voer- legger	
							. wagen wisselen op wendakker	194
							. wagen willekeurig op perceel wisse- len	195

63	0	pakketten maken	aug. 1	aug. 2	0	3	na persen 8 à 10 pakken bijeenbrengen (handwerk).	
							richttijd	mu per ha

* VERGEELIJKING VAN A R B E I D S A A N B O D E N A R B E I D S B E H O E F T E *

PER CUMULATIEVE WERKBAARHEIDSKLASSE

TOTAAL VERDELING VAN DE MANUREN OVER DE HALFJAARDELIJKE PERIODEN
AANTAL JAN FEB MRT APR MEI JUN JUL AUG SEP OKT NOV DEC
MANUREN 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

KLASSE I I (1+1)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
WERKBAARHEID %	5	5	5	5	5	10	20	40	40	40	40	35	35	35	35	20	20	10	5	5	5	5	5	5
ARBEIDSAANBOD	792	7	7	8	8	16	32	64	72	72	72	56	56	63	63	32	32	16	8	8	7	7	7	7
ARBEIDSBEOEFTE	143	0	0	0	0	0	32	88	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ARBEIDSOVERSCHOT	674	7	7	7	8	8	16	0	0	72	72	72	56	56	41	63	32	32	16	8	8	7	7	7
ARBEIDSTEKORT	24	0	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

KLASSE I II (1+2)

WERKBAARHEID %	10	10	10	10	10	20	35	55	55	55	55	55	50	50	50	40	40	35	30	20	10	10	10	10
ARBEIDSAANBOD	1292	14	14	14	16	16	32	56	88	99	99	99	80	80	90	90	64	64	56	48	32	14	14	14
ARBEIDSBEOEFTE	338	0	14	8	0	0	0	38	156	12	0	0	0	0	90	15	0	0	0	0	6	0	0	0
ARBEIDSOVERSCHOT	1021	14	0	6	16	16	32	18	0	87	99	99	80	80	0	75	64	64	56	48	26	14	14	14
ARBEIDSTEKORT	68	0	0	0	0	0	0	0	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

KLASSE I III (1+2+3)

WERKBAARHEID %	20	20	20	25	30	40	50	70	70	70	70	70	60	60	60	60	60	60	50	40	30	20	20	20	
ARBEIDSAANBOD	1870	28	28	28	40	48	64	80	112	126	126	126	96	96	108	108	96	96	80	64	42	28	28	28	
ARBEIDSBEOEFTE	892	0	14	8	0	9	0	76	156	50	29	5	11	10	32	189	20	96	92	24	57	16	0	0	
ARBEIDSOVERSCHOT	1104	28	14	20	40	39	64	5	0	77	98	121	115	86	64	0	98	0	4	72	23	48	42	28	28
ARBEIDSTEKORT	125	0	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	81	0	0	0	0	0	0	0	0	

KLASSE I IV (1+2+3+4)

WERKBAARHEID %	30	30	30	40	50	65	75	85	85	85	85	85	80	80	80	80	80	80	80	70	60	50	40	40
ARBEIDSAANBOD	3560	42	42	42	64	80	104	120	136	153	153	153	128	128	144	144	128	128	112	96	70	56	56	56
ARBEIDSBEOEFTE	1709	36	14	8	0	9	6	81	162	153	164	52	52	41	213	94	102	138	138	112	85	6	0	0
ARBEIDSOVERSCHOT	977	6	28	34	64	71	98	39	0	0	101	100	76	87	0	60	26	0	0	11	64	56	56	56
ARBEIDSTEKORT	126	0	0	0	0	0	0	26	0	31	0	0	0	0	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0

KLASSE I V (1+2+3+4+5)

WERKBAARHEID %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
ARBEIDSAANBOD	3840	140	140	160	160	160	160	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	
ARBEIDSBEOEFTE	3234	181	159	140	112	86	44	106	186	174	205	73	74	73	62	234	105	123	149	216	216	190	112	106	106
ARBEIDSOVERSCHOT	915	0	0	0	48	74	116	54	0	6	107	106	97	96	0	75	37	31	0	0	28	34	34	34	
ARBEIDSTEKORT	309	41	19	0	0	0	0	0	26	0	25	0	0	0	54	0	0	0	0	56	58	30	0	0	

RELATIES TUSSEN "WERKBAARHEID" EN BEDRIJFSBEGROTINGEN
MET BEHULP VAN LINEAIRE PROGRAMMERINGEN

door

Ir. J.H. van Niejenhuis

Vakgroep Agrarische Bedrijfseconomie Landbouwhogeschool
Wageningen

Wiskundige technieken zijn een goed hulpmiddel bij het uitvoeren van bedrijfsbegrotingen, wanneer de ondernemer kan kiezen uit vele alternatieve mogelijkheden, waarbij de voor de realisatie van deze mogelijkheden beschikbare hoeveelheden produktiemiddelen gelimiteerd zijn en het doelstellingencomplex van de onderneming weergegeven kan worden in één doelfunctie (met daarnaast eventueel een aantal op de doelstellingen van de boer betrekking hebbende nevenvoorwaarden).

In beginsel doet bovengenoemde situatie zich op vele landbouwbedrijven voor. De input-output relaties - welke zich in een planningssituatie voordoen - dienen niet alleen kwalitatief, maar ook kwantitatief bekend te zijn, indien men de begrotingen uit wil voeren met behulp van lineaire programmering. De lineaire programmering zorgt ervoor dat de vraag naar produktiemiddelen het aanbod ervan niet te boven gaat. Produktiemiddelen zijn in dit verband alle limiteringen, waaraan de voortbrenging van de produkten gedurende de planningsperiode onderworpen is. Dus niet alleen grond, arbeid en kapitaal, maar ook bv. interne leveringen en vruchtwisselingsbeperkingen.

De produktiemiddelen, waarvan de beschikbare hoeveelheid uitgeput wordt, bepalen tezamen het optimale produktieplan en krijgen een waarde, welke ontleend is aan de waarde van de voortgebrachte produkten. De overige produktiemiddelen krijgen een waarde nul, daar zij in overmaat aanwezig zijn. Veranderingen in de met de laatst aangeduide groep van produktiemiddelen samenhangende technische coëfficiënten zullen minder interessant zijn zolang de situatie van "in overmaat aanwezig zijn" blijft bestaan.

Een belangrijke eis bij de formulering van de bedrijfsmodellen, waarmee de begrotingen uitgevoerd zullen worden, is de homogeniteitseis. Produktiemiddelen en produktieprocessen dienen in het model homogeen geformuleerd te zijn:

Vraag en aanbod van produktiemiddel moeten betrekking hebben op kwalitatief exact hetzelfde goed. Is dit niet het geval dan is een andere indeling noodzakelijk, veelal door opsplitsing van de produktieprocessen en produktiemiddelen, om de gewenste homogeniteit te bereiken.

Rekentechnisch gezien hangen de resultaten van een begroting met behulp van lineaire programmering af van de verhoudingen tussen de ingevoerde coëfficiënten en de doelfunctiewaarden. De absolute hoogte van de ingevoerde getallen is voor de rekentechniek van minder belang. Zij speelt uiteraard wel een belangrijke rol bij het vertalen van de resultaten van de berekeningen naar de praktijk en het bepalen van de in te voeren coëfficiënten. De kwaliteit en de beschikbaarheid van de ingevoerde data bepaalt in belangrijke mate de waarde van de resultaten. Werkbaarheid speelt op het landbouwbedrijf in dit verband een belangrijke rol bij de produktiemiddelen arbeid en werktuigen.

De in het voorgaande gemaakte opmerkingen over produktiemiddelen uit het oogpunt van bedrijfsbegrotingen gelden onverkort voor arbeid en werktuigen. De situatie wordt gecompliceerd door het grote aantal verschillende uitgangssituaties, welke zich in de praktijk voordoen van bedrijf tot bedrijf en van jaar tot jaar. De volgtijdige fluctuaties laten we bij begrotingen uit het gezichtsveld verdwijnen door de gegevens te "normaliseren": we schatten de gegevens voor normaal te verwachten omstandigheden. De variatie van bedrijf tot bedrijf vereist dat we van een groot aantal verschillende situaties over gegevens kunnen beschikken voor onze begrotingen. Voor arbeid en werktuigen betekent dit, dat voor elke planningssituatie opnieuw bekeken zal moeten worden hoe vraag en aanbod van capaciteit, met inachtneming van de homogeniteits-eis, in de begroting opgenomen dienen te worden.

De invoergegevens, benodigd voor begrotingen, zullen ten aanzien van de capaciteiten van arbeid en werktuigen uit het technisch onderzoek afkomstig zijn. Gegevens ten aanzien van "werkbaarheid" zijn hierbij nodig om tot een goede benadering van de capaciteitsvraagstukken te komen. Voor iedere bewerking is een zekere hoeveelheid tijd nodig, die afhankelijk is van velerlei factoren. Daartegenover is voor iedere bewerking per periode een zekere hoeveelheid tijd beschikbaar, waarbinnen een bewerking per bedrijf gezien uitgevoerd moet worden. Het is de taak van de modelbouwer te trachten met de hem, vanuit de technische (en economische) hoek, ter beschikking staande gegevens de praktijk van de te onderzoeken bedrijfssituatie zo goed mogelijk in zijn model te benaderen. De benadering heeft een grotere kans van slagen, indien er meer gedetailleerde en gedifferentieerde gegevens, onder meer van werkbaarheid, ter beschikking staan.

Op het grotere (> 118 s.b.e.) Nederlandse akkerbouwbedrijf zien we dat er verschillende bewerkingen in dezelfde periode om arbeid en machinecapaciteit concurreren. Afhankelijk van de omstandigheden, waaronder men een bewerking nog uit wil voeren, kan de per periode per bewerking of groep van bewerkingen beschikbare tijd verschillen door variatie in werkbaarheid voor elke groep. De in het model gehanteerde kosten- en opbrengstgegevens zijn gebaseerd op het uitvoeren van het werk binnen een bepaalde periode. Bij overschrijding van zekere grenzen zullen als gevolg van de minder gunstige omstandigheden, waaronder een bewerking dan plaats vindt, aangepaste financiële data in de beschouwing betrokken moeten worden. De perioden, waarbinnen de bewerkingen uitgevoerd worden, zijn verschillend van bewerking tot bewerking en overlappen elkaar ten dele. Afhankelijk van groei- en weersomstandigheden zullen de perioden anders ten opzichte van de kalendermaanden kunnen liggen en zullen ook de perioden meer of minder in elkaar kunnen schuiven.

Lineaire programmering gaat uit van genormaliseerde omstandigheden. Vooraf zal er een beslissing genomen moeten worden over de te hanteren werkbaarheidspercentages om de daaruit voortvloeiende gevolgen voor de overige data in het model te kunnen verwerken. De met de gekozen werkbaarheid samenhangende overschrijdingskans is een belangrijk gegeven voor een beoordeling van de realisatiekans van de berekende bedrijfsplannen. Het verdient aanbeveling de omstandigheden, waarop een gegeven gebaseerd is, nauwkeurig te vermelden.

Praktisch wordt bij veel lineaire programmeringen gebruik gemaakt van het taaktijdsysteem, zoals dat door het IMAG ontwikkeld is. Twee begrippen staan hier in centraal: de zuivere werktijd en de taaktijd. Beide verdienen naar mijn mening in het kader van begrotingen met behulp van lineaire programmering de aandacht. De modelbouwer moet zich de vraag stellen hoe hij tot een voor zijn probleemstelling aanvaardbare formulering van de capaciteitsvraagstukken kan komen met behulp van de gegevens ten aanzien van zuivere werktijden en taaktijden aan de vraagkant en aantal uren dat beschikbaar is aan de aanbodskant. Deze laatste hangen af van het aantal uren dat men bereid is (per dag) te werken, alsmede van de werkbaarheid. Het beschikbaar hebben van gedetailleerde gegevens ten aanzien van werkbaarheid biedt een betere kans op realisatie van de eerder geformuleerd homogeniteitseis dan wanneer deze gegevens niet voorhanden zijn. In perioden da de vraag naar capaciteit het aanbod dreigt te overtreffen zal de neiging bestaan om "efficiënter" te gaan werken door bv. aan- en afloop, zo de omstandigheden zich ervoor lenen, buiten de werkbare uren te doen vallen. De zuivere werktijd eventueel vermeerderd met een storingstoeslag, zou dan een goede weergave kunnen zijn van de vraag naar arbeid.

Het beschikbare aantal uren dient dan afgeleid te worden van het aantal werkbare uren voor de desbetreffende bewerking of groep van bewerkingen. Het is denkbaar dat dit praktisch een betere benadering en daarmee een ander begrotingsresultaat oplevert dan het gebruik van de taaktijd en de totale werktijd gecorrigeerd voor werkbaarheid. De taaktijd en het totaal aantal beschikbare uren mag men niet buiten de beschouwing laten daar de buiten de zuivere werktijd vallende delen van de taaktijd wel uitgevoerd moeten kunnen worden. De taaktijd en het totaal aantal beschikbare uren zal dus ook in het model opgenomen moeten worden. Bij één bewerking per periode zal de verhouding werkbare uren : zuivere werktijd of de verhouding totaal beschikbare uren : taaktijd bepalend zijn voor de maximale omvang van een bewerking. Bij meerdere bewerkingen in elkaar overlappende perioden is dit niet vooraf te voorspellen, daar vooraf niet vast staat in welke omvang de verschillende gewassen geteeld zullen worden.

Het probleem van een vaste toedeling van de bewerkingen aan halfmaandelijke perioden kan men vanuit programmeringsoogpunt ten dele omzeilen door voor groepen van bewerkingen overlappende perioden op te nemen zonder dit exact aan kalendermaanden toe te delen, of door eenzelfde bewerking in meerdere halfmaandelijke perioden te definiëren en de omvang ervan via een beperking "werkbare uren" aan een bepaald maximum per seizoen te binden. Daartoe moeten we beschikken over voldoende gedetailleerde gegevens ten aanzien van werkbaarheid, die het mogelijk maken per machine per seizoen een capaciteit te definiëren. Door uitsplitsing van de bewerkingen over de overlappende perioden en categorieën van werkbaarheid kan er zorg voor gedragen worden dat per periode en categorie de vraag naar capaciteit het aanbod niet te boven gaat en een flexibele benadering van het bedrijfsgebeuren in het kader van de programmering verkregen wordt.

Samenvattend kan gesteld worden dat de bedrijfseconomie ten behoeve van de bedrijfsplanning geïnteresseerd is in gegevens over de werkbaarheid per (groep van) bewerking(en) per homogeen landbouwgebied, alsmede over de achtergronden van deze werkbaarheid teneinde tot een schatting van de kosten, opbrengsten en de optimale bedrijfsopzet in de planningsituatie te komen. Werkbaarheid vormt daarbij één van de essentiële factoren, nodig voor het schatten van de capaciteit van arbeid en werktuigen benodigd voor de bedrijfsplanning. Hierbij is informatie over de kans van optreden van een bepaalde situatie, alsmede over de consequenties van overschrijding van grenswaarden belangrijk.

SAMENVATTING VAN DE DISCUSSIE

De discussie is gevoerd aan de hand van de discussienota. De indeling die daarin is aangebracht wordt ook in deze samenvatting gevolgd.

1. Werkbaarheid en Werkbaarheidscriteria

Werkbare tijd is de tijd waarin grond, gewas en klimaat voldoen aan eisen (normen) die daaraan door de boer worden gesteld, rekening houdende met de mogelijkheden en beperkingen van zijn arbeidskrachten en bedrijfsuitrusting. Vanwege de verscheidenheid in bedrijven, in technisch, financieel en sociaal (gezinsbedrijven-vreemde arbeidskrachten) opzicht, zullen de werkbaarheidseisen van bedrijf tot bedrijf variëren. Werkbaarheid is een relatief en subjectief begrip. Het gehele scala van reëel mogelijke eisen moet in het onderzoek worden betrokken.

Werkbare tijd ontstaat in het beslissingsproces van de boer. Door "over de schouder van de boer mee te kijken" kunnen relevante eigenschappen en criteria worden opgespoord. Het, "vaak letterlijk met de klompen", aanvoelen van de boer moet worden vertaald in voor het onderzoek hanteerbare begrippen.

De werkbaarheid wordt veelal opgehangen aan de vochttoestand van het systeem: grond, gewas en klimaat. Maar dat is niet altijd voldoende. Bij grondbewerkingen moet tevens naar de structuur en de fysische en chemische samenstelling van de bodem worden gekeken. Ook de ondergrond moet in ogenschouw worden genomen, want het kan best zijn dat de toplaag of de bouwvoor al bewerkbaar is, terwijl de ondergrond bewerking nog niet goed kan verdragen (te plastisch is).

Werkbaarheidscriteria zijn geen starre grootheden. Ze liggen niet vast, ook niet binnen een bedrijf. De boer kiest telkens in het afwegen van de voor- en nadelen van nu wel of juist niet bewerken. Daarbij lijkt de boer in het voorjaar kritischer te zijn dan in het najaar. In het voorjaar wordt de basis gelegd voor het komende productieproces. In het najaar gaat het om het binnenhalen van de oogst en wordt eventuele schade aan de grond van later zorg. Onderzoek (bodemkundig, cultuurtechnisch, plantenteeltkundig, bedrijfseconomisch) moet zich richten op

de consequenties van het hanteren van diverse werkbaarheidscriteria. Met de resultaten van dat onderzoek kan het beslissingsproces van de boer worden ondersteund. Vooral een bedrijfseconomische evaluatie van die consequenties is van belang.

Deze informatie reikt verder dan het beslissingsproces van de boer. Zo is de Cultuurtechnische Dienst (C.D.), in verband met beheersvergoedingen, hevig geïnteresseerd, met name in een evaluatie van de grondwaterstandtrappen zoals die op de grondsoortenkaarten van Stiboka voorkomen. Ook bij opgelegde oogstcampagnes (bieten, fabrieksaardappelen, conservengroenten) kan deze informatie dienstig zijn (financiële regeling).

2. Invloed op de werkbare tijd

Invloed op de werkbare tijd kan worden uitgeoefend door aan de ene kant iets te doen aan de grond en/of het gewas en aan de andere kant aan de werktuigen en/of de werkmethoden. Die invloed is pas goed uit te oefenen als de verbanden tussen werkbaarheid en eigenschappen van grond, gewas, werktuigen en werkmethoden bekend zijn.

Het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid (I.B.) vond een negatieve correlatie tussen het humusgehalte en de werkbaarheid van jonge Noordoostpolder-grond met goede structuur. Het is niet zeker of dit ook bij andere, wat oudere gronden, het geval is. Er moet tevens onderscheid gemaakt worden tussen voorjaar, zomer en herfst. Een betere verkrumeling door organische stof geeft in zomer en herfst een betere werkbaarheid. Het is de vraag of dit in het voorjaar ook geldt.

Nagegaan zou moeten worden of berekening van grasland in het ene jaar de werkbaarheid in het volgend jaar beïnvloedt. Er is trouwens in het algemeen zeer weinig bekend van de invloed van een bewerking op de werkbaarheid bij volgende bewerkingen.

Een grond kan te nat zijn, maar ook te droog om bewerkbaar te heten (zware klei; grondbewerking in juli bij volgteelten).

Van grondontsmetting, toegepast volgens de huidige methode bij een frequentie van 1 keer per 3 jaar, hoeft geen nadelige invloed op de werkbaarheid te worden verwacht. Bij hogere frequentie, zoals in de tuinbouw, ligt het anders.

De Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders (RIJP) baseert de gewas- en raskeuze mede op mogelijkheden tot spreiding van de oogsttijdstippen en daarmee van de werkbare tijd.

Bij volgteelten onder contract geeft het feit dat de afnemer (bv. een conservenfabriek) bepaalt wanneer geoogst moet worden nogal eens werkbaarheidsproblemen. Het gewas moet "weer of geen weer" geoogst en het land moet direct weer zaai-klaar gemaakt worden. De problemen ontstaan dan vooral onder natte omstandigheden. Oplossingen daarvoor kunnen gezocht worden in technische aanpassingen (bandenspanning). Hoever de teler daarmee wil en kan gaan is afhankelijk van wat de afnemer er financieel tegenover wil stellen.

Van de zijde van het Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen (IMAG) wordt gesteld dat verlaging van de bandenspanning tot 1 of eventueel 0,75 bar op landbouwbedrijven vrijwel alle schade aan de grond (insporing, verdichting) kan worden voorkomen. Het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding wil echter ook de opgelegde last (= draagkracht grond maal contact oppervlak) in de beschouwing betrekken. Dan komen wellicht andere concepten voor wieluitrusting in aanmerking (bv. moerasrupsen),

Op grasland speelt, naast insporing, de beschadiging van de zode een rol. Lage bandenspanning verruimt hier de bewerkingsmogelijkheden in hoge mate (vacuummestzuiger).

De kwaliteit van het werk laat nog weleens te wensen over. Hoe dit tot latere bewerkingen kan doorwerken toont het overigens complexe probleem van de aardappelopslag.

Berijden en bewerken zijn twee verschillende zaken. Bewerkbaarheid wordt vaak beperkt door berijdbaarheid. Onderzoek is begonnen naar de mogelijkheden tot ontkoppelen van berijden en bewerken. De ontkoppeling bestaat hierin dat over vaste, niet bewerkte, banen wordt gereden, terwijl het tussen die banen liggende bed wordt bewerkt (Beddencultuur).

3. Benutten van de werkbare tijd

Besturen is vooruitzien. Bij informatie over de toekomst dient men te beschikken over verwachtingen en schattingen.

Voor de boer is een van de belangrijkste informaties de weersverwachting. Volgens het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) wordt een weersverwachting voor drie dagen thans aan het publiek beschikbaar gesteld. Op experimentele basis worden verwachtingen voor vier dagen en een week opgesteld, maar deze worden niet algemeen verspreid.

Door de soms snelle wisselingen in het weer heeft een regionaal weerbericht in een aantal gevallen sneller zijn geldigheid verloren dan een landelijk weerbericht. Het zou aanbeveling verdienen regionaal telefonische informatie mogelijk te maken, waarbij naast een regionaal weerbericht ook adviezen worden gegeven over uit te voeren werkzaamheden, waarbij gedacht kan worden aan korrelvochtverwachtingen (Groningen), beregeningsadviezen, enz.

Voor de bestudering van de toestandsverandering van grond en/of gewas wordt gebruik gemaakt van modellen waarin het weer als stochastische input optreedt. Men kan daarbij historische weergegevens gebruiken, maar men kan ook waarnemingen van het weer genereren met een speciaal daartoe ontwikkeld model. Zo'n model heeft het voordeel dat men over veel meer waarnemingen kan beschikken dan historisch voorhanden zijn bij de weerstations. Voor samenwerking met betrekking tot de ontwikkeling van een dergelijke weergenerator kan aangeklopt worden bij de Werkgroep Hydrometeorologie op het KNMI. Het IMAG zal eerst een aantal wensen inventariseren en dan contact opnemen met het KNMI. Uitdrukkelijk is overigens gewaarschuwd voor het grote gevaar dat men met zo'n model aan de ene kant verliest (validiteit) wat men aan de andere kant wint (veel waarnemingen).

Voor een redelijk nauwkeurig schatten van de kansverdeling van het aantal maai-dorsbare uren zijn veel waarnemingen nodig. Bij niet al te extreme eisen kan dit wel 50 tot 100 jaar waarnemen betekenen. Desalniettemin leidt het gebruik van acht representatieve jaren in een simulatiemodel voor de werkindeling in de graanoogst (IMAG) al tot significante verschillen in de kosten. Zijn er processen in de grond bij betrokken, die langzamer verlopen dan in graan of hooi, dan lijkt 22 jaar al een goede indruk op te leveren.

4. Werkbaarheidsgegevens in bedrijfsbeslissingsmodellen

Een beslissingsmodel is een weergave van een reële beslissingssituatie. Deze weergave is doorgaans in formele (logisch, wiskundig) termen gesteld.

Met zo'n model kan, gemakkelijker dan met de werkelijkheid, worden geëxperimenteerd, door waarden in te voeren en relaties tussen elementen te veranderen, toe te voegen of weg te laten. Experimenteren betekent hier zoiets als aftastend doorrekenen en de bedoeling ervan is om het inzicht in de beslissingssituatie te vergroten, teneinde daardoor beslissingen te verbeteren.

Over de weergave van werkbaarheid in arbeids- en bedrijfsbegrotingsmodellen wordt verschillend gedacht. Het IMAG, de Landbouwhogeschool (LH) en de RIJP delen alle bewerkingen op grond van hun weergevoeligheid in werkbaarheidsklassen in. Het Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond (PAGV) daarentegen gaat uit van 80 werkbare uren per halve maand (in feite één werkbaarheidsklasse). Dit aantal kan zonodig worden aangepast. In het voorjaar en de late herfst is het waarschijnlijk aan de hoge kant, maar in het algemeen is er toch een vrij sterke overeenkomst tussen modeluitkomsten en praktisch. Verdere toetsing van deze eenvoudige aanpak is mogelijk, en wordt in feite ook uitgevoerd, door het maken van arbeidsbegrotingen van lineaire programmeringsuitkomsten.

Opgemerkt wordt dat het mogelijk is dat bij vergelijking van totale arbeidsbehoefte en -aanbod geen al te grote verschillen voorkomen, terwijl juist bij de weergevoelige bewerkingen toch grote verschillen aanwezig zijn. Ook ervaringen in de toepassing van arbeidsbegrotingen (IMAG) bevestigen dat veel tekorten aan arbeid- of werktuigcapaciteiten bij een vergelijking met behulp van werkbaarheidsklassen aan het licht komen die anders onzichtbaar zijn. Deze ervaringen worden bevestigd door LH en RIJP.

Het laatste woord hierover is zeker niet gesproken. Het zal steeds moeilijk zijn om het weer (de grote veranderlijke) en de daardoor beheerste werkbaarheid tot ieders tevredenheid in modellen te bouwen, zeker als die modellen in wezen statisch en deterministisch zijn, zoals de lineaire programmering. Veel kan geleerd worden van meer dynamische simulatiemodellen voor de bedrijfsvoering.

De arbeidsbehoefte wordt in begrotingen meestal genormeerd ingevoerd in de vorm van taaktijden. Een taaktijd bestaat uit een zuivere werktijd plus toelagen voor storingen, aan- en afloop, af- en bijstellen van de machine, bijvullen brandstof en machineverzorging.

Niet alle elementen zijn even weergevoelig. Vooral bij taken waar: 1) het hoofdwerk met een grote capaciteit geschiedt (maaidorsen, 6-rijig bieten-rooien ed.) en/of 2) een groot verschil in weergevoeligheid bestaat tussen het hoofdwerk en het bijkomende werk, is het onjuist om de gehele taaktijd binnen de werkbare tijd voor het hoofdwerk te persen. Het meest eenvoudige zou zijn om alleen de zuivere werktijd aan de werkbaarheidsrestrictie te onderwerpen. Dat is echter niet acceptabel omdat een deel van het bijkomende werk (storingen; een deel van aan- en afloop) binnen de werkbare tijd optreedt. Het IMAG zegt toe naar een oplossing te zullen zoeken.

In de veehouderij doen zich bij het vaststellen van het weide- en maaischema volgens het Proefstation voor de Rundveehouderij (PR) weinig werkbaarheidsproblemen voor. Het PR gaat uit van de stelling dat "de voederwinning in dienst staat van de beweiding" en daarmee is zowel het moment van maaien als het moment van binnenhalen van het hooi/kuilgras bepaald. Alleen tussen deze momenten, waar gestreefd wordt naar een zo goed mogelijk produkt, speelt werkbaarheid een rol.

Bij lange termijn (langer dan 1 jaar) beslissingen (machinekeuze, vervangings- en uitbreidingsinvesteringen) moet uit de kansverdeling van het aantal werkbare uren één bepaald procentpunt worden gekozen. Dit probleem doet zich voor als een verzekeringsprobleem: er zijn, als gevolg van "on"-werkbaarheid, risico's waartegen men zich kan "verzekeren" door grote(re) en du(urde)re machines (installaties) te kopen. Hoe minder risico men wil lopen, hoe hoger de "premie" en omgekeerd. Waar ligt het gouden midden? Goede beslissingsmodellen om dat midden te vinden, ontbreken nog. Nationaal en internationaal wordt er veelal vanuit gegaan dat er voldoende werkbare tijd moet zijn in 75-80% van de jaren. Bij de RIJP prikt men op 30-35%, maar zij hebben daarbij rekening gehouden met een reserve-capaciteit in de vorm van loonwerkers.

LITERATUUR "WERKBAARHEID EN BEDRIJF"

A. Toepassingen in beslissingsmodellen

- BATTERHAM, R.L., D.M. BROWN and P. VAN DIE, 1973. Agronomic, Engineering, and Meteorological Data Required in an Economic Model of Farm Machinery Selection. Can. Agr. Eng. Vol. 15(2).
- BAUMGARTNER, G., 1968. Adjustment of use of combine harvester to climate and harvesting risk. KTBL-Ber. Landtechnik 125, en Thesis, Hohenheim.
- CAMPBELL, W.D. and J.B. McQUITTY, 1971. Harvest Simulation. Can. Agr. Eng. Vol. 13(2)
- CAMPBELL, W.D. and J.B. McQUITTY, 1972. An Evaluation of Harvest Simulation as an aid to decision making. Can. Agr. Eng. Vol. 14(1).
- CARPENTER, M.L. and D.B. BROOKER, 1972. Minimum Cost Machinery Systems for Harvesting, Drying and Storing Shelled Corn. Transactions ASAE.
- CERVINKA, V. and W.J. CHANCELLOR, 1972. Effect of timeliness on optimum strategies of rice Planting and Harvesting. ASAE-paper 72-679.
- DIE, P. VAN. Selection of corn harvesting and drying equipment using linear programming. M.S. thesis, Un. of Guelph, Guelph, Ont.
- DUCKHAM, A.N., 1966. The role of agricultural meteorology in capital investment decisions in farming. Un. of Reading, Department of Agr. Farm Management Section. Study No. 2. Dec.
- ELDEREN, E. VAN, 1977. Heuristic Strategy for Scheduling Farm Operations. Pudoc, Wageningen.
- HAGTING, A., 1976. Managing large-scale harvesting operations on a grain farm by means of computerized optimization models. Paper for the XVIII Int. Congress of Sci. Work-Organisation in Agr.
- HOLTMAN, J.B., L.K. PICKETT, D.L. ARMSTRONG and L.J. CONNOR, 1973. A systematic approach to simulating corn production systems. Transactions ASAE 16(1).
- KAMPEN, J.H. VAN, 1969. Optimizing harvesting operations on a large grain farm. Thesis, Wageningen.
- KAMPEN, J.H. VAN, 1971. Farm Machinery selection and weather uncertainty. In: J.B. Dent and J.R. Anderson (Eds.): Systems analysis in agricultural management. John Wiley & Sons, Sydney, p. 295-329.
- KROEZE, G.H., 1975. Arbeidsbegrotingen per computer. IMAG-publicatie 32.
- MOREY, R.V., G.L. ZACHARIAH and R.M. PEART, 1971. Optimum policies for corn harvesting. Transactions ASAE 14(5).
- MOREY, R.V., R.M. PEART and G.L. ZACHARIAH, 1972. Optimal Harvest Policies for Corn and Soybeans. J. Agr. Engng 17, 139-148.
- OVING, R.K., 1970. Taak en bedrijfsuitrusting, een organisatiespel. ILR-rapport 172.
- OVING, R.K., 1971. Farming task and machinery. ILR-Res. Rep. 3.
- POSTMA, G., 1975. Arbeidsbegrotingen in de landbouw. IMAG-publicatie 38.
- REBOUL, C., J. ARGYRIADES and B. DESBROSSES, 1970. Technique de calcul des besoins en travail et en machines sur une exploitation agricole, application à une exploitation de champagne crayeuse. I.N.R.A.-Paris.
- STAPLETON, H.N., 1970. Crop Production System Simulation. Transaction ASAE.
- TAYLOR, J.A. (ed.), 1970. Weather Economics (U.K.).
- VEDAK, B.S. and J.H. YOUNG, 1976. Simulation of Peanut Harvesting Systems. Transaction ASAE 19(2).
- WHEELER, J.A., 1973. The application of Dynamic Programming to the Cauliflower Harvest. Proc. Symp. on Systems Applications in Agr. Engng. Report no. 6 NIAE, Wrest Park, Silsoe.

B. Schatten van kansverdelingen van werkbare tijd

- AGENA, M.U., BATJER, D. und G. WESSELS, 1968. Wieviel "Einfuhrtage" stehen im nordwestdeutschen Raum für die Bergung von Winterfutter zur Verfügung? Meteorologischen Rundschau, 21. Jahrgang, 6. Heft.
- ALBRECHT, P., 1974. Bestimmung der maximalen Erntefläche für die Halmfuttergewinnung in Abhängigkeit von Ertrag, Wetter und Produktionsverfahren. Berichte über Landtechn., 52: 155-171.
- AYRES, G.E. A Simulation Model for Predicting Days Suitable for Corn Harvesting. ASAE-paper 75-1502.
- BAIER, W., 1973. Estimation of field work days in Canada from the versatile soil moisture budget. Can. Agr. Engng. Vol. 15, No. 2.
- BARGEN, K. VON, 1975. Prepared discussion on three papers concerning the prediction of field work time. ASAE-paper 75-1504.
- BISCHOFF, Th. und G. KNECHT, 1970. Zur Ermittlung von verfügbaren Feldarbeitstagen. Berichte über Landwirtschaft 48.
- DONALDSON, G.F., 1968. Allowing for weather risk in assessing harvest machinery capacity. Am. J. Agr. Ec., 50(1)24.
- ELLIOT, R.L., W.D. LEMBKE and D.R. HUNT, 1975. A Simulation Model for Predicting Available Days for Soil Tillage. ASAE-paper 75-1501.
- EUGSTER, C., 1964. Landarbeitszeitspannen und Verfahrenstage innerhalb der einzelnen Zeitspannen in verschiedenen Regionen der Schweiz. E.T.H. Zürich, Prom. Nr. 3440.
- FARTHOUAT, B., 1968. Humidité du sol, bilans hydriques et jours disponibles pour les travaux agricoles. Centre Météorologique régional de Bordeaux-Mérignac.
- FEODOROFF, A., C. REBOUL and L. FELIX, 1972. Excès d'eau et jours indisponibles pour les emblavures de printemps. Numéro Spécial B.T.I.
- FULTON, C.V., G.E. AYRES and E.O. HEADY, 1975. Expected nr of days suitable for field work in IOWA at selected probability levels. ASAE-paper 75-1503.
- FRISBY, J.C., 1970. Estimating Good Working Days Available for Tillage in Central Missouri. Transactions ASAE.
- FRISBY, J.C. and M.R. PETERSON. How much time to till. Computers and Farm Machinery Management-ASAE Publ. Proc.-468.
- HAMCHARI, M.C.A1, B. DESBROSSES and M. MAMOUN, 1975. Pluviométrie et jours disponibles pour les travaux des champs. I.N.R.A., Paris.
- HEGER, K., 1973. Abschätzung des Witterungsrisikos auf die Ernte des Getreides mit dem Mähdröschler unter Benutzung eines agrarmeteorologischen Modells. Berichte über Landwirtschaft 51, 1.
- HESSELBACH, J. und E. KREINER, 1966. Die Ermittlung von Zeitspannen und Feldarbeitstagen. Schweizerische Landwirtschaftliche Monatshefte 44.
- KISH, A.J. and C.V. PRIVETTE, 1974. Number of field working days available for tillage in South Carolina. ASAE-paper No. 74-1019.
- LERMER, J., 1961. Arbeitszeitspannen und verfügbare Arbeitstage unter des Einfluss von Klima und Bodenart im niederbayerischen Raum. Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch, 38. Jahrgang.
- LEVERT, C. en H.J. DE BOER. Frequenties van K-daagse neerslagsommen op Nederlandse stations. KNMI.
- LINK, D.A. Research Needs for Farm Machinery Scheduling. Computers and Farm Machinery Management - ASAE Publ. Proc.-468.
- MARLEY, S.J. and C.W. BOCKHOP, 1966. Field work completion probabilities for row crop production. ASAE-paper 66-671.
- OLFE, H.C., 1971. Untersuchungen über die Korrespondenz der Meteorologischen Daten mit den thermodynamischen Trocknungsmöglichkeiten von Halmfutter. K.T.B.L. Landtechnik, 141.
- PERDOK, U.D. en T. TANIS, 1975. Onderzoek naar het aantal werkbare dagen voor de voorjaarsgrondbewerking. Bedrijfsontwikkeling 6(1975) 7/8.

- PFAU, R. Verfügbare Feldarbeitstage für die verschiedenen Verfahren der Futterernte. K.T.B.L.-Manuskriptdruck Nr. 38.
- PORTIEK, J.H., 1975. Werkbare uren voor de graanoogst. IMAG-publikatie 34, Wageningen.
- PORTIEK, J.H., 1977. Workable time and the weather. IMAG-Res. Rep. 77-6
- POSTMA, G., 1967. Het aantal velddagen bij de hooioogst. Landbouwmeechanisatie 18.05.
- REBOUL, C., 1966. Heures disponibles pour le maissonnage-battage des céréales tardives en fonction des conditions de stockage. Bulletin des C.E.T.A. - Etude F.N.C.E.T.A. - No. 1.129.
- REBOUL, C., 1969. Météorologie et jours disponibles pour les travaux agricoles. B.T.I.
- REBOUL, C. et C. MEUSE, 1971. Observations sur les jours disponibles pour les travaux des champs dans le département de la Meuse. I.N.R.A. - Paris.
- ROTH, H.A., A. ANTON und D. BEYSE. Agrotechnische Zeitspannen und verfügbare Zeiten für die Feldarbeit. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag.
- RUTLEDGE, P.L. and D.G. RUSSEL. Work-day probabilities for tillage operations in Alberta. Res. Bull. 71-1, Rep. of Extension, Un. of Alta, Edmonton, Alta.
- SCHWEIZER, H., 1966. Feldarbeitstagen und die Praxis des Arbeitsvoranschlags und anderer Arbeitskalkulationen in der Schweiz. Schweiz. landwirtsch. Monatshefte 44.
- SMITH, C.V., 1973. Weather and the grain harvest. Ann. Technol. Agric., 22(3).
- SPATZ, G., J. VAN EIMERN und R. LAWZYNOWICZ, 1969. Der Trocknungsverlauf von Heu im Freiland. Weihenstephan.
- SPINNER, J., 1956. Ermittlung der Zeitspannen für den Arbeitsvoranschlag auf der Grundlage phänologischer Daten. Agrarwirtschaft.
- WILJES, H.G. DE and J.C.A. ZAAT, 1968. The Influence of Climate upon the Number of Weather-working Hours in Combine Harvesting in the Netherlands. Arch. Met. Geoph. Biokl., Ber. B, 16.
- WILJES, H.G. DE, 1968. Over het voorkomen van geschikte hooidagen. Landbouwmeechanisatie 19.05.

C. Grond, gewas, weer en werktuig

- ALLMAN, M.S. and H. KONKE. The pF of the soil moisture at the wet limit of plowing range. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 12: 22-23.
- AMIR, I, G.S.V. RAGHAVEN, E. MCKYES and R.S. BROUGHTON, 1976. Soil compaction as a function of contact pressure and soil moisture content. Can. Agric. Eng. 18.
- BRÜCK, I.G.M. and E. VAN ELDEREN, 1969. Field Drying of Hay and Wheat. J. Agric. Engng. Res. 14(2).
- CRAMPIN, D.J. and G.E. DALTON, 1971. The determination of the moisture content of standing grain from weather records. J. Agric. Engng. Res., 16(1)88.
- DUMAS, W.T., A.C. TROUSE, L.A. SMITH, F.A. KUMMER and W.R. GILL, 1973. Development and Evaluation of Tillage and other Cultural Practices in a controlled Traffic System for Cotton in the Southern Coastal Plains. Transactions ASAE.
- DUMONT, A.G. and D.S. BOYCE, 1974. The probabilistic simulation of weather variables. J. Agric. Engng. Res. 19.
- ELDEREN, E. VAN, J. DE FELJTER and S.P.J.H. VAN HOVEN, 1972. Moisture in a grass sward. J. Agric. Engng. Res. 17 en Research Report 3, 1972, ILR.
- ELDEREN, E. VAN and S.P.J.H. VAN HOVEN, 1973. Moisture content of wheat in the harvesting period. J. Agric. Eng. Res. 18:71-93.
- FIRTH, D.R. and Y. LESHEM, 1976. Water loss from cut herbage in the windrow and from isolated leaves and stems. Agr. Meteorology 17: 261-269.
- HASSAN, A.E. and R.S. BROUGHTON, 1975. Soil moisture criteria for tractability. Can. Agr. Engng., Vol. 7, No. 2.

- HAYHOE, H.N. and L.P. JACKSON, 1974. Weather effects on hay drying rates. *Can. J. Plant Sci.* 54. 479-484.
- HENRY, J.E. and W.H. JOHNSON, 1969. Corn Germination Efficiencies affected by Soil Pressure and Temperature. *Transactions ASAE.*
- HESSELBACH, J., 1968. Zur Ermittlung arbeitswirtschaftlicher Daten hochmechanisierter Ernteverfahren. *KTL-Berichte über Landtechnik* 122.
- HILL, J.D., 1976. Predicting the natural drying of hay. *Agricultural Meteorology*, 17.
- HOWELL, T.A. and E.A. HILER, 1975. Optimization of Water Use Efficiency under High Frequency Irrigation - I Evapotranspiration and Yield Relationship. - II System Simulation and Dynamic Programming. *Transactions ASAE.*
- HUNT, D.R. and R.E. PATTERSON. Evaluating Timeliness in Field Operation. *Computers and Farm Machinery Management - ASAE Publ. Proc.* - 468.
- JENSEN, M.E., J.L. WRIGHT and B.J. PRATT, 1971. Estimating Soil Moisture Depletion from Climate, Crop and Soil Data. *Transactions ASAE.*
- JONES, J.W., R.F. COLNICK and E.D. THREADGILL, 1972. A Simulated Environmental Model of Temperature, Evaporation, Rainfall and Soil Moisture. *Transactions ASAE.*
- KEMP, J.G., G.C. MISENER and W.S. ROACH, 1972. Development of Empirical Formulae for drying of hay. *Transactions ASAE.*
- LUDER, W. Essais sur la dessiccation du fourrage grossier. Station Fédérale de Recherches d'Economie d'Entreprise et de Génie Rural -8355-Tänikon.
- McQUIGG, J.D., W.J. MAUNDER and W.L. DECKER. Simulating weather influences on sensitive operations. *Proc. of the 1970 summer computer simulation conference*, Denver, Colorado.
- MILLIER, W.F. and G.E. REHKUGLER, 1972. A Simulation - The Effect of Harvest Starting Date, Harvesting Rate and Weather on the Value of Forage for Dairy Cows. *Transactions ASAE.*
- PERDOK, U.D., J.J. KLOOSTER en M.C. SPRONG, 1974. De bewerkbaarheid van de grond tijdens voorjaarswerkzaamheden. *Rapport 249, ILR.*
- PERDOK, U.D., 1976. *Bewerkbaarheid en berijdbaarheid van de grond. Landbouwkundig Tijdschrift/pt.*
- PHILLIPS, P.R. and J.R. O'CALLAGHAN, 1974. Cereal harvesting - A mathematical Model. *J. Agric. Eng. Res.* 19: 415-433.
- RUTLEDGE, P.L. and F.V. MCHARDY, 1968. The influence of the weather on field tractability in Alberta. *Can. Agr. Eng. Vol.* 10(2).
- TERPSTRA, J. Grondverdichting. *IMAG-publikatie in voorbereiding.*
- TULN, M.Y., J.B. HOLTMAN, R.B. FRIDLEY and S.D. PARSONS, 1974. Timeliness Costs and Available Working Days - Shelled Corn. *Transactions ASAE*, 17(5).
- VOIGT, V., 1955. The development of kernel moisture content of standing grain due to the influence of weather and the consequences for combine harvesting. *Thesis, Hohenheim.*
- WIND, G.P., 1976. Application of analog and numerical models for an investigation in the influence of drainage on workability in spring. *Neth. J. Agr. Sci.*

-o-o-

-o-

-

LIJST VAN DEELNEMERS AAN HET SYMPOSIUM
"WERKBAARHEID EN BEDRIJF"

op

13 mei 1977 in het "IAC" te Wageningen

Ir. K.J. van Ast	Landbouw-Economisch Instituut, det. P.A.G.V.	Lelystad
Ir. P. Boekel	Instituut voor Bodemvruchtbaarheid	Haren (Gr)
Ir. D. Boels	Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding	Wageninge
Ir. F.R. Boone	Afd. Grondbewerking, Landbouwhogeschool	Wageninge
J. Buitendijk	Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding	Wageninge
Ir. P.K. Cevaal	Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond	Lelystad
Ir. F. Coolman	Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen	Wageninge
Ir. H.J. Delbrugge	Consulentschap voor Landbouwwerktuigen en Arbeid	Wageninge
Ir. A. Duinker	Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen	Wageninge
Ir. E. van Elderen	Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen	Wageninge
Ir. A. Hagting	Operationeel Onderzoek, Rijksdienst IJssel-meerpolders	Lelystad
D. Hartmans	Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen, gedet, bij P.A.G.V.	Lelystad
Ir. W. Huisman	Vakgroep Landbouwtechniek, Landbouwhogeschool	Wageninge
Ing. N.F. van der Kant	Operationeel Onderzoek, Rijksdienst IJssel-meerpolders	Lelystad
Ir. A.J. Koolen	Afd. Grondbewerking, Landbouwhogeschool	Wageninge
Ir. J.K. Kouwenhoven	Afd. Grondbewerking, Landbouwhogeschool	Wageninge
Ing. G.H. Kroeze	Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen	Wageninge
Drs K.E. Krolis	Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen	Wageninge
W.N. Lablans	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut	De Bilt

Ir. M.M. de Lint	Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen	Wageningen
Ing. B.J.M. Meijer	Landbouw Economisch Instituut, det. P.A.G.V.	Lelystad
J. Morel	Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen	Wageningen
Ir. J.H. van Niejenhuis	Vakgroep Agrarische Bedrijfseconomie, Landbouwhogeschool	Wageningen
Ing. W.P. Noordam	Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond	Lelystad
Ir. C. van Ouwerkerk	Instituut voor Bodemvruchtbaarheid	Haren (Gr.)
Ing. R.K. Oving	Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen	Wageningen
Ir. U.D. Perdok	Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen	Wageningen
Ir. G.J. Poesse	Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen	Wageningen
Ing. J.H. Portiek	Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen	Wageningen
Ing. G. Postma	Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen	Wageningen
Ing. C.M. Pronk	Cultuurtechnische Dienst	Utrecht
Ir. J.W. Righolt	Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding	Wageningen
Ing. J.A. Schoneveld	Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen, gedet. P.A.G.V.	Lelystad
Ir. J. Steevens	Hogere Agrarische School	Dordrecht
Ing. T. Tanis	Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen	Wageningen
Ir. J. Terpstra	Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen	Wageningen
Ir. H.W. Vos	Vakgroep Landbouwtechniek, Landbouwhogeschool	Wageningen
Ir. H. Wieling	Proefstation voor de Rundveehouderij	Lelystad
Ir. G.P. Wind	Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding	Wageningen
Dr. J.P.M. Woudenberg	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut	De Bilt