

TOELICHTING OP EEN LINEAIRE PROGRAMMERING
VOOR DE OUDE VEENKOLONIENBIBLIOTHEEK DE HAFF
Droevendaalsesteeg 3a
Postbus 241
6700 AE WageningenVergadering Economische Onderzoekers Wageningse Instituten
van 12 april 1961

1. In het volgende wordt een lineaire programmering toegelicht aan de hand van een drietal tabellen, te weten, één begintabel en twee eindtabellen.

Op de weg die gevolgd is, om vanuit de begintabel te komen tot de eindtabellen wordt niet nader ingegaan. De bespreking blijft beperkt tot het aangeven van de betekenis van de tabellen als zodanig. De rekentechniek en de wiskundige achtergrond daarvan blijven buiten beschouwing.

2. De tabellen zijn:

Tabel 1.

Het uitgangstableau voor een gefingeerd akkerbouwbedrijf van 21 ha gelegen in de oude veenkoloniën. De arbeidskern bestaat uit boer en vaste arbeider. Een losse arbeider is aanwezig van maart tot begin december. Voorts kan losse arbeid worden aangetrokken voor het opeenzetten en schoonhouden van de suikerbieten. De boer is geen aandeelhouder van een coöperatieve strokartonfabriek, zodat het stro tegen vrije prijzen moet worden afgezet.

Tabel 2.

Het eindtableau, dat wil zeggen het resultaat van de op tabel 1 toegepaste rekentechniek. In deze berekening is de mogelijkheid tot het aantrekken van los personeel voor de suikerbietenverpleging benut, dit in tegenstelling tot tabel 3.

Tabel 3.

Deze tabel is een uitwerking van een deel van tabel 1 volgens de methode van de lineaire programmering.

De mogelijkheid tot het aantrekken van extra los personeel voor de bietenverpleging werd uitgesloten. Rekentechnisch gezien was het het een-

voudigst deze tabel direct uit tabel 2 af te leiden. Een berekening van uit een gewijzigde tabel 1 (dus zonder mogelijkheid voor extra los personeel) leidde tot dezelfde uitkomst. Dit vroeg echter aanmerkelijk meer werk.

3. In het volgende worden de tabellen 1, 2 en 3 achtereenvolgens behandeld.

Tabel 1. Uitgangstableau

4. In kolom 0 - de beschikbaarheidskolom zijn de beperkt aanwezige hoeveelheden produktiemiddelen vermeld. De aard van deze produktiemiddelen blijkt uit de omschrijving op de rijen.

Zo is bijvoorbeeld beschikbaar:

Volgens regel 37	21 ha grond
Volgens regel 47	7,95 x 100 manuren gedurende 6 weken van half juli tot eind augustus enz.

5. De kolommen 1, 3 enz. tot en met 13 hebben betrekking op de gewassen die in principe kunnen worden geteeld. De getallen in de kolom drukken uit welke aanspraken deze gewassen op de "beschikbaarheden" doen.

Zo vraagt de teelt van één eenheid rogge (kolom 1):

Volgens regel 37	1 ha grond van de 21 beschikbare
Volgens regel 47	0,62 x 100 manuren van de 7,95 x 100 beschikbare in augustus enz.

en levert op:

volgens regel 61 een saldo van 0,835 x / 1000,-. Deze kolommen worden "activiteiten" genoemd.

6. In de "gewassenkolommen" drukt een + teken een aanspraak op een beperking uit, terwijl een - teken een verruiming van deze beperking inhoudt.

7. De vruchtwisselingseisen zijn in verhoudingscijfers uitgedrukt. Bijvoorbeeld regel 38. Maximum 1/3 aardappelen. Beschikbaar is 0. Alle gewassen (niet aardappelen) verruimen deze beperking (-1). Aardappelen (kolommen 12 en 13) doen een aanspraak van +2. Voor elke ha van een ander

gewas kan dus 1/2 ha aardappelen worden geteeld. Zo wordt de verhouding 1 op 3 gerealiseerd.

8. De kolommen 35 en 36 zijn geen gewasactiviteiten. Ze zouden "ontsnappings" activiteiten genoemd kunnen worden. Ze zorgen er namelijk voor, dat de mogelijkheid openblijft bepaalde werkzaamheden te verschuiven.

Zo betekent ontplooiing van één eenheid van activiteit no. 35, dat 38 manuren worden vrijgemaakt in juli/augustus (regel 47) ten koste van 38 uren in september (regel 48) 38 manuren is het aantal nodig voor het binnenhalen van 1 ha tarwe of haver. In de activiteiten 3 en 4 is er van uitgegaan, dat het binnenhalen in augustus (regel 47) dient te geschieden. Wanneer men in deze periode echter tijd tekort komt kan ook in september worden binnengehaald. Dit blijft echter beperkt tot maximaal 3,5 ha. Volgens regel 51 vraagt activiteit (kolom) 35 namelijk 1 eenheid van de 3,5 beschikbare (kolom 0). Voorts dient ervoor te worden gezorgd, dat niet meer uren van september worden geleend ten behoeve van augustus dan overeenkomt met de oppervlakte van de "te verlaten" gewassen. Hiervoor zorgt regel 52, waar in het begintableau een 0 staat. Er wordt immers nog niets geteeld. In de volgende trappen van de berekeningen (iteratietrappen) is het getal, dat in de 0 kolom op regel 52 komt te staan altijd gelijk aan de totale oppervlakte haver en tarwe minus de oppervlakte die eventueel in feite al verlaat is.

9. De in de 0 kolom vermelde beschikbare uren in de diverse perioden zijn de volgens volgens C.A.O. te werken uren, gecorrigeerd voor onwerkbaar weer.

10. De arbeidsaanspraken gelden voor de omstandigheden van een "gemiddeld" bedrijf in de oude veenkoloniën in een "gemiddeld" jaar. Dit wil bijvoorbeeld zeggen, dat

- | | |
|--|-----------|
| - Bij tarwe kan worden rondgemaaid | 5 mu/ha |
| - Rogge van één kant wordt gemaaid | 8 mu/ha |
| - Haver voor de helft wordt rondgemaaid en voor de helft wordt opgehaald | 6,5 mu/ha |
| - Het ophokken vraagt | 13 mu/ha |
| - Het inhalen (met tochten) vraagt | 38 mu/ha |

- De helft van de oppervlakte bieten direct van het perceel wordt verladen en de andere helft naar een verlaadplaats wordt gebracht, wat 25 mu/ha kost
- De suikerbieten en aardappelen machinaal worden gerooid door de loonwerker.
- De helft van de oppervlakte fabrieksaardappelen in de periode begin september - begin oktober (regel 48) wordt afgeleverd. De helft hiervan moet naar een verlaadplaats worden getransporteerd.
- Enzovoort

11. Voor een onderzoek naar de betekenis van cultuurtechnische werken voor de landbouwbedrijven is het dringend noodzakelijk een verfijning aan te brengen in deze arbeidsgegevens. Voor verschillende externe produktieomstandigheden en verschillende vormen van verbeteringen moeten dan de "arbeidsaanspraken" van de gewassen bekend zijn. Aan deze gegevens bestaat een schreeuwende behoefte.

In principe moet onder verschillende omstandigheden bekend zijn:

- Wat gebeurt er
- ↓ Wanneer gebeurt het, in welke periode
- Hoe gebeurt het
- Hoe vaak gebeurt het en
- Hoeveel manuren vraagt het per keer

Voorts zou het nuttig zijn te weten, wat het effect is op bijvoorbeeld de opbrengsten van verschuiving van bepaalde werkzaamheden van de ideale periode naar een andere periode. Daarnaast is er grote behoefte aan nadere gegevens omtrent het aantal uren (in % van het totaal aantal) dat gemiddeld in elke periode werkbaar is voor de verschillende werkzaamheden.

12. Het op regel 61 weergegeven saldo (met negatief teken) van de verschillende gewassen is bepaald, door van de totale bruto-geldopbrengsten af te trekken de direct toerekenbare kosten. (variabele kosten). Dit zijn de kosten, die de teelt van het betrokken gewas direct met zich meebrengt; die lineair verlopen bij uitbreiding van de oppervlakte van het gewas en die wegvallen als het betrokken gewas niet wordt geteeld. Dit zijn bijvoorbeeld zaaizaad en pootgoed, bemesting, loonwerk, bindertouw, kosten los personeel (speciaal aangetrokken voor het betrokken gewas) dorsen en dergelijke.

De kosten die niet veranderen bij uitbreiding en inkrimpen van de gewassen (binnen zekere grenzen) vallen hier niet onder. Dit zijn de kosten van de bedrijfsuitrusting (vaste arbeid en werktuigen), de pacht en dergelijke. Op het uiteindelijk berekende totaal saldo van het optimale bouwplan moeten deze vaste kosten nog in mindering worden gebracht.

Wanneer men wijzigingen in de bedrijfsuitrusting wil aanbrengen, dan dient in principe een geheel nieuwe programmering te worden uitgevoerd. Het eindtableau van de reeds eerder uitgewerkte programmering geeft dan echter aan welke wijzigingen in bedrijfsuitrusting aantrekkelijk zullen zijn. Lineaire programmering is dus tevens een hulpmiddel ter bepaling van de richting, waarin wijziging van de bedrijfsuitrusting zal moeten gaan om een zo gunstig mogelijk resultaat te verkrijgen.

13. Onder het uitgangstableau is voor de verschillende gewassen vermeld hoe de saldi zijn opgebouwd. De fysieke opbrengsten aan hoofd- en bijproduct, de daarvoor te maken prijzen, eventuele toeslagen en de hoogte van de "directe" kosten zijn daar weergegeven.

14. Voor sukerbieten zijn de activiteiten 5 tot en met 10 opgenomen. Deze onderscheiden zich naar de mate, waarin van de diensten van los personeel en/of de loonwerker gebruik wordt gemaakt. Als gevolg hiervan zijn ook de saldi (regel 61) ongelijk. De kosten van los personeel en van de loonwerker zijn immers onder de "toegerekende" (bijkomende, directe, variabele) kosten opgenomen.

De onderscheiding v.v.v., v.v.d. enz. heeft betrekking op respectievelijk dunnen, schoonhouden en rooien. Daarbij betekent:

v = door vast personeel

d = door derden (loonwerker)

l = door los personeel

De aanduiding bij activiteit 7 l.v.d. houdt dus in, dat deze bieten door los personeel worden opeengezet, door vast personeel worden schoongehouden en door de loonwerker worden gerooid.

De arbeidsaanspraken van de diverse "bietenactiviteiten" op de beschikbare vaste arbeid (regels 44, 45 en 49) zijn uiteraard ongelijk.

15. Bij de aardappelactiviteiten (12 en 13) wordt een soortgelijk onderscheid toegepast als bij de suikerbieten en wel ten aanzien van het pootgoed. Er wordt van uitgegaan, dat één eenheid (1 ha) van deze activiteiten bestaat uit 90 are fabrieksaardappelen en 10 are pootgoed, bestemd voor de 90 are fabrieksaardappelen van het komende jaar. Er zijn per ha aardappelen dus geen andere kosten van pootgoed onder de "bijkomende" kosten opgenomen, dan die bestemd voor de 10 are. Vanzelfsprekend heeft de opbrengst van fabrieksaardappelen ook niet betrekking op 1 ha, maar op 90 are. Voor de 10 are pootgoed is onderscheid gemaakt tussen rooien door de vaste kern (act.13) en rooien door los personeel (act.12). De 90 are fabrieksaardappelen wordt machinaal door de loonwerker gerooid.

16. Het probleem van de lineaire programmering is te bepalen welk bouwplan het hoogste totaal saldo oplevert bij de gegeven bedrijfsuitrusting. Daarbij moet aan de voorwaarde worden voldaan, dat de gestelde beperkingen niet worden overschreden. Het is derhalve - uiteraard - wel toegestaan, dat bijvoorbeeld minder uren in enige periode worden benut dan er beschikbaar zijn. Volledige benutting van alle beschikbare uren zal in het algemeen niet tot een maximaal saldo leiden. Dit vindt zijn oorzaak in de omstandigheid, dat de combinatie van beschikbare produktiemiddelen - zoals die is weergegeven in de kolom van "beschikbaarheden" (de beperkingen)- niet optimaal is. Hierover geeft de uitwerking (het eindtableau) nadere informatie.

17. Het opstellen van een juist uitgangstableau is verreweg het moeilijkste deel van de lineaire programmering. Het gaat er immersom de beperkingen juist te stellen. Niet alleen de absolute bedragen van "beschikbaarheden" en "aanspraken" dienen juist te zijn, maar ook bijvoorbeeld de keuze van de arbeidsperioden is uitermate belangrijk.

Op dit terrein liggen veel voetangels en klemmen.

De uitwerking biedt ongetwijfeld vele problemen, in het bijzonder van wiskundige en rekenkundige aard, maar deze kunnen meestal wel worden opgelost. Het uitgangstableau bepaalt het resultaat. Aan het opstellen van een uitgangstableau dient derhalve zeer veel zorg te worden besteed.

Tabel II. Eindtableau (Mogelijkheid van extra losse arbeid voor de suiker-
bictontceelt)

18. Tabel 2 is een transformatie van tabel 1 (verkregen na een aantal zogenaamde iteratietrappen). Wij zien hierbij dat kolommen uit het begintableau op de plaats van de rijen zijn komen te staan en dat omgekeerd rijen uit het begintableau naar de kolommen zijn verhuisd. Deze tabel moet op precies dezelfde wijze gelezen worden als het uitgangstableau. Kolom 0 duidt weer de "beschikbaarheden" aan. Deze zijn echter als het ware vertaald. We hebben nu niet meer 21 ha land (regel 37 begintableau) ter beschikking en 410 uren in mei (regel 44 begintableau) en 540 uren in juni (regel 45 begintableau), enz., maar wel 7 ha haver (regel 3 eindtableau), 3,5 ha zomertarwe (regel 4), 2:218 ha suikerbieten v.v.v. enz. en we hebben nog over 43 uren in juni (regel 45) 116 uren in juli/augustus (regel 47) en 302 uren in september (regel 48). De uren in de overige perioden zijn op, namelijk die in mei en die in oktober/november. Deze zijn verhuisd naar de kolommen 44 en 49 en hebben een grensopbrengst (waarop onder de punten 30 en 32 nader wordt ingegaan). Hetzelfde geldt voor de oorspronkelijke regel 37 die nu kolom 37 is geworden. De grond is volledig door de gewassen gesoupeerd.

In kolom 0 staat op regel 61 het uiteindelijk verkregen totaal saldo, dat met het "optimale" bouwplan wordt bereikt, te weten f 23 663,60.

19. De kolommen 1, 7 tot en met 51 van het eindtableau moeten als nieuwe activiteiten worden beschouwd.

Ten dele betreft het hier activiteiten die ook al in het begintableau als activiteit waren opgenomen, zoals 1,7,9,10,12 en 36 (de z.g. niet ontplooiden activiteiten); ten dele zijn het volledig nieuwe activiteiten die dus vroeger (in het begintableau) een beperking vormden. Dit zijn de activiteiten 37 tot en met 51.

De getallen in deze kolommen geven weer aan welke aanspraken worden gedaan op de - thans nieuwe - beperkingen.

20. Als voorbeeld van "niet ontplooiden" activiteit nemen we no 9, suikerbieten l.l.v. Uit deze kolom (met gewijzigde getallen) kunnen we aflezen, dat deze activiteit - wanneer we hem gaan ontplooiden en wel op een niveau van één - 1 eenheid vraagt van de nieuwe beperking 8 (suikerbieten l.v.v.) en 0,6 x 100 uren vrijmaakt in juni (regel 45). Dit kost ons f 200,-. Op de saldoregel no 61 staat dit bedrag namelijk met een positief teken.

Met andere woorden als we boslist suikerbieten willen telen, die door los personeel, dat daarvoor speciaal wordt aangetrokken, worden schoonge-

houden, dan moeten we 1 ha suikerbieten l.v.v. minder telen (aanspraak op de nieuwe beperking). We houden dan 60 uur meer over in juni en ons totaal saldo wordt f 200,- lager. Een zeer onrendabele wijziging dus. Het is overigens de goedkoopste manier om suikerbieten l.l.v. te introduceren. Thans gaat het ten koste van l.v.v. Wanneer het ten koste zou gaan van v.v.v. zou het verlies nog groter zijn.

21. Het bouwplan, dat uit de 0 kolom kan worden afgelezen is optimaal, Er is geen enkel ander bouwplan mogelijk, dat - zonder de gestelde beperkingen te overschrijden - een hoger totaal saldo oplevert. Dit is zonder meer af te leiden uit regel 61. Alle nog niet ontplooidde activiteiten verschijnen daar met positief teken, wat inhoudt, dat ontplooiing ervan - op welk niveau dan ook - het totaal saldo steeds zal verlagen.

22. Opmerkelijk is, dat het optimale bouwplan geen rogge bevat. Dit is echter wel logisch. Het saldo van de rogge (weergegeven in het uitgangstabelau) is namelijk lager dan dat van de andere granen (haver en tarwe), terwijl de arbeidsaanspraken in de belangrijke knelperioden, vrijwel gelijk zijn aan die van deze andere granen.

In de praktijk zien we echter wel rogge telen, al is het areaal de laatste jaren sterk afgenomen ten gunste van de andere granen vooral de haver. Dit verschilpunt tussen theorie en praktijk kan onder meer de volgende oorzaken hebben.

- Een zekere oppervlakte rogge is uit vruchtwisselingsoogpunt noodzakelijk. Deze eis is in deze programmering niet opgenomen, maar kan er alsnog in opgenomen worden.
- Rogge geeft meer mogelijkheden voor natcelt met een groenbomester dan de andere granen. De praktijk neemt een lager saldo dan voor lief, omdat op langere termijn gezien de bodemstructuur belangrijker is.
- Rogge heeft een gunstiger effect op de volgende vrucht dan de andere graangewassen. Dit zou dan als een extra opbrengst van de rogge moeten worden opgenomen (verhoging van het saldo). Destijds is een dergelijke correctie op het saldo, in verband met het vruchtwisselings-effect overwogen. Geen enkele specialist durft echter het bedrag te noemen, waarmee gecorrigeerd zou moeten worden.
- De praktijk realiseert hogere stroprijzen dan de hier aangenomen vrije stroprijzen (Aandeelhouders).

Vooral op rogge kan dit invloed hebben (meer stro en van betere kwaliteit). Een programmering met vrije stroprijzen moet nog worden uitgevoerd. Dit kan op eenvoudige wijze geschieden door nadere bewerking van het thans uitgerekende eindtableau. Een volledig nieuwe programmering is hiervoor bepaald niet nodig.

- De periode van de graanoogst is te ruim gesteld en vormst daardoor in feite geen beperking. We houden zelfs 116 uren over op regel 47. In het begintableau staat op deze regel, dat de graanoogst binnen de periode van half juli tot eind augustus moet worden afgewerkt. Rogge, haver en zomertarwe komen echter na elkaar. In verband daarmee moet deze vrij lange periode misschien in twee kortere perioden worden gesplitst.

23. Op dezelfde wijze als onder 20 is gedaan voor activiteit no 9, beschouwen we nu de niet ontplooidde activiteit no 1 de rogge.

Uit kolom 1 van het eindtableau (tabel 2) lezen we af dat de goedkoopste wijze van invoeren van rogge ons per éénheid (1 ha) ca. f 50,- kost (regel 61). Dan moet de oppervlakte tarwe met 1 ha afnemen, terwijl binnen de suikerbietenactiviteiten enige verschuivingen moeten worden aangebracht. We moeten dan 10 are (0,092) meer telen van suikerbieten v.v.v. (regel 5) en 10 are minder van suikerbieten v.v.d. Om precies te zijn 0,122 ha minder van v.v.d. (regel 6) en 0,03 ha meer van l.v.v. (regel 8). In september hebben we dan 8 uur (0,08 x 100) meer nodig (regel 48). Dit kunnen we maximaal $0,797 : 0,122 =$ ruim 6 x doen (regel 6). Willen we bijvoorbeeld nog meer dan ruim 6 ha rogge telen dan kost het ons meer dan f 50,- per ha in te voeren rogge. Uit deze tabel is niet af te lezen hoeveel dat dan precies zal zijn. Daartoe moet de tabel opnieuw worden getransformeerd. Boven ruim 6 ha is de nieuwe beperking no 6 (suikerbieten v.v.d.) namelijk geheel uitgeput. Beperking 48 is bij ontplooiing van activiteit nr. 1 op een niveau van ruim 6 nog lang niet uitgeput. Dan zijn er namelijk pas ruim 48 van de 302 in september beschikbare uren benut. We kijken dus steeds naar het kleinste quotiënt tussen de overeenkomstige getallen in de 0 kolom en de betrokken kolom (in dit geval no 1). Daarbij hoeven we alleen te letten op de positieve getallen van kolom 1, omdat die immers een aanspraak op een beperking betekenen. De negatieve getallen houden daarentegen verruiming van de beperking in.

24. Uit de uitkomst van de programmering blijkt, dat de gestelde beperkingen inzake de vruchtwisselingseisen voor haver, aardappelen en hakvruchten volledig zijn benut. De vruchtwisselingsmogelijkheid voor de bieten (max. 1/4) is niet volledig benut. Kennelijk is het volgens de programmering juist eerst zoveel mogelijk aardappelen te telen en daarna pas bieten in te voegen totdat niet meer hakvruchten geteeld mogen worden.

25. In de praktijk wordt de laatste jaren ongeveer 40% hakvruchten geteeld, te weten 33% aardappelen en 7% bieten. Het percentage bieten bedraagt volgens de programmering meer dan 15%, dus ruim tweemaal zoveel. Voor dit verschil tussen praktijk en theorie kunnen de volgende verklaringen gegeven worden.

- De praktijk benut de mogelijkheden van bietenteelt onvoldoende
- Er is hier minder goede bietengrond beschikbaar dan hier is verondersteld. Het is mogelijk alsnog een dergelijke beperking in het uitgangstableau op te nemen.
- Het is voor veel bedrijven nog niet mogelijk 80 are bieten door een loonwerker te laten rooien (kolom 0, regel 6).
- De transportproblemen bij de bieten zijn groter dan hier is verondersteld. Mogelijk moet de arbeidsclaim in oktober/november worden verhoogd.
- De boeren helpen zelf niet mee bij het bieten openzetten. In het uitgangstableau is op regel 44 wel ervan uitgegaan dat ook de beschikbare arbeidstijd van de boer voor het bieten onen kan worden aangewend en hiervan is blijkens het eindtableau gebruik gemaakt. Wanneer deze veronderstelling onjuist is, dan zou in een nieuw uitgangstableau regel 44 door 2 andere moeten worden vervangen. Op regel 44a zouden dan in de beschikbaarheidskolom de beschikbare uren van de boer moeten worden opgenomen, waarop dan alleen de graan- en aardappelactiviteiten aanspraken zouden mogen maken. In regel 44b kunnen dan de overige beschikbare arbeidsuren (van de arbeiders) worden opgenomen, waarop dan alleen de diverse suikerbietenactiviteiten een aanspraak doen. Uitwerking van een dergelijk uitgangstableau zou mogelijk tot een lager percentage bieten kunnen leiden, tenzij het voordelig zou blijken te zijn meer los personeel voor het bieten onen aan te trekken. In dit - meest plausibele - geval zou alleen het totaal saldo dalen met de kosten van deze extra losse arbeid.

26. Ten slotte willen we de aandacht richten op de volledig benutte beperkingen. Dit zijn de oorspronkelijke beperkingen (in het begintableau) no's 37, 38, 40, 41, 44, 49 en 51. Deze regels uit het begintableau zijn verhuisd naar de kolommen in het eindtableau, waardoor ze - volledig nieuwe - activiteiten zijn geworden.

27. De in het eindtableau (tabel 2) opgenomen nieuwe activiteit 37 heeft betrekking op de oorspronkelijkebeperking van de grond tot 21 ha. Deze 21 ha is volledig door de gezamenlijke gewassen benut.

Ontplooiing van deze activiteit op niveau één betekent het niet gebruiken van één eenheid (in dit geval 1 ha) grond.

Volgens regel 61 kost ons dit tenminste f 930,- (932,703) aan saldo. Uit de getallen op de andere regels van kolom 37 valt af te lezen hoe het produktieplan moet veranderen, wanneer we op de voordeligste wijze 1 ha grond willen laten braakliggen, of - wat op hetzelfde neerkomt - hoe het optimale produktieplan van een 1 ha kleiner bedrijf is.

28. Het optimale produktieplan van een 1 ha kleiner bedrijf zou volgens regel 3 $1/3$ ha haver minder bevatten (kolom 37 doet nl. op regel 3 een aanspraak van 0,333 op de beschikbare 7 ha haver). Deze wijziging ligt voor de hand, in verband met de vruchtwisselingseis, dat niet meer dan $1/3$ haver mag worden geteeld.

Om soortgelijke reden zal het optimale produktieplan van een 1 ha kleiner bedrijf ook $1/3$ ha aardappelen minder moeten bevatten.

Dit valt af te lezen op regel 13.

De overige wijzigingen zijn:

- 0,167 ha minder zomertarwe (regel 4)
- 0,714 ha meer suikerbieten v.v.v. (regel 5)
- 0,662 ha minder suikerbieten v.v.d. (regel 6)
- 0,218 ha minder suikerbieten l.v.v. (regel 8)

De genoemde wijzigingen betekenen voorts:

- Vrijkomen van ca 24 uren (- 0,237) in juni (regel 45)
- Vrijkomen van ca 39 uren (- 0,387) in juli/augustus (regel 47)
- Vrijkomen van ca 22 uren (- 0,217) in september (regel 48)

29. Het aantal malen, dat we de nieuwe activiteit 37 kunnen ontplooiën hangt af van het kleinste quotiënt tussen de getallen in kolom 0 en die op de overeenkomstige plaats in kolom 37. Daarbij hoeven we alleen op de posi-

tieve getallen in kolom 37 te letten. Dit kleinste quotiënt vinden we op regel 6. We kunnen activiteit 37 dus maximaal $0,797 : 0,662$ keer ontplooiën, dus ruim 1 x. Daarna is de nieuwe beperking 6 uitgeput. Om te weten hoe het saldo zou veranderen voor een meer dan ruim 1 ha kleiner bedrijf moet de tabel opnieuw worden getransformeerd. Dit vraagt betrekkelijk weinig werk.

30. Kolom 37 kan ook gelezen worden als het wel gebruiken van 1 ha grond. Dan veranderen alle getallen in deze kolom van teken. Op deze wijze kunnen we uit deze eindtabel ook het optimale bouwplan voor een 1 ha groter bedrijf afleiden en - wat zeer belangrijk is - hoeveel het saldo dan groter is. Dit is weer het bedrag van f 930,- (regel 61). Voor een boer op een veenkoloniaal bedrijf van 21 ha, dat gevoerd wordt onder de beperkingen van bedrijfsuitrusting en dergelijke als in het uitgangstabloeu is vastgelegd, is één ha grond meer dus maximaal ca f 930,- waard. Dit noemen we de grensopbrengst van de grond (grenswaarde), waarover onder 18 werd gesproken.

Uit deze grensopbrengst blijkt, dat bij de huidige bedrijfsuitrusting (werktuigen en vaste arbeid) een vergroting van de oppervlakte van het zuivere akkerbouwbedrijf alloszins rondabel is. De jaarlijkse ^{vaste} kosten van een additionele ha grond zullen niet gauw f 930,- bedragen.

De grensopbrengst van f 930,- is geldig tot een oppervlakte van ruim 22,8 ha. Dit valt af te leiden uit regel 45. Het quotiënt tussen 0,430 en - 0,237 is namelijk het kleinst van de overeenkomstige getallen in de 0 kolom en kolom 37 en bedraagt ruim 1,8. Omdat we kolom 37 als het ware "andersom" lezen moeten we nu rekening houden met de negatieve getallen in deze kolom. Boven 1,8 ha meer is beperking 45 uitgeput, dat wil zeggen dan zijn de beschikbare uren in juni op. Om de grenswaarde van de grond te bepalen voor een bedrijf met een oppervlakte van meer dan 22,8 ha moet de tabel weer getransformeerd worden. De grenswaarde is dan lager geworden. Bij toename van de bedrijfsoppervlakte (bij gelijkblijvende bedrijfsuitrusting) neemt deze grenswaarde (sprongsgewijs) steeds af. Dit is ook logisch. Voor een grote boer is een additionele ha land minder waard dan voor een kleine.

31. Om een saldooverhoging van f 930,- te realiseren bij een uitbreiding van de oppervlakte met één ha moet het bouwplan veranderen. Op welke wijze

dit het voordeligst kan, is weer uit de overige cijfers van kolom 37 af te leiden en wel op dezelfde wijze als onder 28 is gebeurd. Alleen mochten de tekens worden omgedraaid.

1 ha grond meer betekent dus:

- 1/3 ha haver meer (regel 3)
- 0,167 ha zomertarwe meer (regel 4)
- 0,714 ha suikerbieten v.v.v. minder (regel 5) enz.
- 24 uren in juni meer gebruiken (regel 45)
- 39 uren in juli/augustus meer gebruiken (regel 47) enz.

32. De kolommen 38 tot en met 51 mogen op dezelfde wijze geloozen worden. We beperken ons tot 44, 49 en 38.

Uit kolom 44 blijkt, dat de grenswaarde van de uren in mei f 195,-/100 uur (regel 61), dus f 1,95 per uur bedraagt. Deze uren zijn dus niet duur. Dit is logisch daar de mogelijkheid tot het aantrekken van los personeel voor de bietenverplogging was opengelaten.

In tegenstelling hiermee zijn de uren in oktober/november wel duur. Uit kolom 49, regel 61 is te lezen, dat de grenswaarde ca f 3,40/uur bedraagt. Voor deze periode valt dus verdergaande mechanisatie en - indien mogelijk - aantrekken van los personeel te overwegen. Dat deze uren niet nog duurder zijn komt omdat verondersteld is, dat de bieten door een loonwerker worden gerooid.

Interessant is voorts, dat de grenswaarde van de vruchtwisselingsbeperking voor aardappelen (kolom 38) slechts f 13,33 bedraagt. Dit betekent, dat wanneer de boer op een bedrijf van 21 ha niet maximaal 7 ha aardappelen mocht telen, maar 1/3 ha meer (regel 13) het totale saldo toch maar met slechts f 13,33 zou stijgen. Hieruit blijkt, dat wanneer de wettelijke beperking er niet zou zijn, het aardappelareaal - zelfs bij de huidige steun - weinig groter zou zijn. Andere beperkingen dan de wettelijke houden een uitbreiding van de aardappelteelt eveneens tegen. Bovendien zou 1/3 ha bieten dan moeten vervallen.

Tabel 3. Eindtableau (geen mogelijkheid van extra losse arbeid voor de suikerbietenteelt.

33. Tabel 3 is op eenvoudige wijze uit tabel 2 afgeleid. De oorspronkelijke (uit het begintableau)activiteiten 7, 8, 9, 10 en 12 mogen niet opgenomen worden, omdat deze suikerbieten- en aardappelactiviteiten van los personeel gebruik maken.

Blijkens het eindtableau volgens tabel 2 waren de activiteiten 7, 9, 10 en 12 niet in het programma opgenomen. Dat betekende, dat alleen de wel opgenomen activiteit 8 moest worden weggewerkt.

Dit geschiedde door een rekentechnisch feefje. Ontplooid werd namelijk activiteit 40 uit het eindtableau volgens tabel 2 op een zodanig niveau, dat de nieuwe beperking 8 uit tabel 2 geheel werd uitgeput. Dit ging uiteraard met een daling van het saldo gepaard. Activiteit 40 uit tabel 2 heeft namelijk een grensopbrengst (f 63,56).

Het resultaat van deze bewerking geeft tabel 3. Daarin staat de uit het programma van tabel 2 weggewerkte no 8 nu weer bij de kolommen. Het negatieve getal op regel 61 drukt uit, dat het voordelig is deze activiteit in te voeren. Dit is echter niet mogelijk verondersteld in tabel 3.

34. Na de uitvoerige behandeling van tabel 2 hoeft op tabel 3 slechts summier te worden ingegaan. Op de volgende punten moet evenwel de aandacht worden gevestigd:

- Het totaal saldo is gedaald met ongeveer f 50,- tot f 23 610,-
- Binnen het bouwplan zijn duidelijke verschuivingen opgetreden en wel:
 - De oppervlakte zomertarwe is uitgebreid met 0,4 ha tot 3,9 ha
 - De totale oppervlakte bieten is gedaald van 3,5 ha tot 3,1 ha
 - Er worden alleen nog suikerbieten v.v.v. geteeld; niet alleen is l.v.v. weggewerkt, maar ook v.v.d. is verdwenen.
- De grensopbrengst van de uren in oktober/november is gelijk gebleven, maar die van de uren in mei is sterk gestegen namelijk van f 1,95/ uur tot f 3,04/uur.

Verder gaande mechanisatie in deze periode zou dus overwogen kunnen worden. Tevens blijkt hieruit, dat het van enige betekenis is in deze periode over los personeel te kunnen beschikken. Groot is deze betekenis echter niet, omdat in dat geval slechts f 50,- meer verdiend kan worden. Meer dan 3,5 ha bieten kan immers in verband met de vruchtwisselingsbeperking voor hakvruchten toch niet worden geteeld.

Wanneer de boer zelf niet zou meewerken bij het openzetten van de bieten, dan wordt het wel van grote betekenis over los personeel te kunnen beschikken in de periode van de bietenverploging. Wanneer er dan geen los personeel zou zijn dan zou de arbeid in mei naar alle waarschijnlijkheid eerder een effectieve beperking voor de bietenteelt worden dan de vruchtwisseling.

35. Bovenstaande uiteenzetting over het lezen van begin- en eindtabloau van de lineaire programmering is - ondanks de grote omvang - nog betrekkelijk summier geweest. Geen aandacht is bijvoorbeeld nog geschonken aan de mogelijkheid van het achteraf invoeren van geheel nieuwe activiteiten. Toch is dit betrekkelijk eenvoudig uit te voeren, doch het vraagt nogal wat geschoolde rekenarbeid. Wanneer in verband met het bedrijfs-economisch onderzoek in de Veenkoloniën wordt gesproken over het invoeren van nieuwe activiteiten, dan wordt gedacht aan de veehouderij (melkvee en mestvee). Voor het nagaan van de mogelijkheden tot het invoeren van deze nieuwe produktierichtingen is de lineaire programmering de aangewezen weg. Deze biedt rijke perspectieven.

36. Tot slot kan nog worden opgemerkt, dat de grootste "beperkingen" voor het uitvoeren van lineaire programmering liggen in:

- Het gebrek aan technische gegevens
 - kosten/opbrengsten relaties
 - arbeidsnormen
- Het aantal medewerkers dat in staat is een goed doordacht begin-programme op te zetten
- Het aantal medewerkers, dat in staat is de rekentechniek goed uit te voeren.

Met goed uitvoeren wordt niet bedoeld het domweg volgen van de rekenvoorschriften (dan komt men er uiteindelijk - na zeer veel werk - ook wel uit), maar een dusdanig inzicht in de tabellen, dat de kortste weg wordt gevolgd. Dit vereist grote ervaring en een scherp inzicht. Weliswaar kunnen programmeringen tegen betrekkelijk geringe kosten door elektronische "computers" worden uitgewerkt, maar het vele nawerk, dat dan nog moet worden verricht, vraagt zeer goede medewerkers.

Een belangrijk voordeel van lineaire programmering is echter wel, dat men gedwongen wordt het bedrijf in al zijn beperkingen goed door te denken.

Wageningen, 28 maart 1961

ir.G.C.Meijerman

tabel I

akkerbouw
 - vaste arbeidsbezetting 2 $\frac{1}{2}$ man
 - mogelijkheid aantrekken los personeel
 - vrije stroprijzen
 - prijspeil 1960

U I T G A N G S T A B L E A U

	0 beschikbaar	1 rogge	2 haver	4 zomer- tarwe	S U I K E R B I E T E N					10 l.l.d.	12 aardapp., poot- los goed vast	13 haver tarwe	35 verlating aardappelen	36
					5	6	7	8	9					
					v.v.v.	v.v.d.	l.v.d.	l.v.v.	l.l.v.					
37 Grond	21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
38 Max. 1/3 aardappelen	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0.170	0.070	0	0	
39 Max. bieten	0	-1	-1	-1	3	3	3	3	3	0.300	0.300	0	0	
40 Max. $\frac{1}{2}$ hakvruchten	0	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	0.030	0.230	0.380	0	
41 Max. 1/3 haver	0	-1	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0.560	0.360	0	0.520	
44 3 w.mei 90%	4.100	0.030	0	0	1.170	1.170	0.170	0.170	0.170	0.070	0.070	0	0	
45 4 w.juni 90%	5.400	0	0	0	0.820	0.820	0.820	0.220	0.220	0.300	0.300	0	0	
47 6 w.juli/aug. 80%	7.950	0.620	0.620	0.620	0	0	0	0	0	0.030	0.230	0.380	0	
48 6 w.sept. 90%	8.900	0.140	0.060	0.060	0	0	0	0	0	0.560	0.560	0.380	0.520	
49 7 w.okt./nov. 90%	9.700	0.110	0.200	0.200	1.620	0.880	1.620	1.620	0.880	0.360	0.360	0	0.520	
51 verlating h&t max.	3.500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
52 verl.h&t kopp.gewas	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
53 verlating A max.	5.400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
54 verl.A koop.gewas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1	
61 Z-C(1000 guldens)	0	-0,835	-0,950	-0,910	-1,745	-1,495	-1,300	-1,550	-1,350	-1,100	-1,105	-1,145	0	

kg hoofdprodukt	3400	3950	3400	37.000	25.650/90 are
prijs hoofdprodukt glds/100kg	21,-	25,-	31,-	54,-	6,95
kg bijprodukt	5400	4350	4900		
prijs bijprodukt glds/100 kg	57,50	50,-	57,50	250,-	
toeslag glds/ha	150,-	150,-			
bruto geldopbr.glds/ha	1175,-	1356,-	1336,-	2250,-	1785,-
bijkomende(directe) kosten glds/ha	340,-	407,-	424,-	754,-	1785,-
				948,-698,-	899,-
				1149,-	681,-
					640,-

tabel II

-akkerbouw
 -vaste arbeidsbezetting 2¹/₂ man
 -mogelijkheid tot aantrekken los pers.
 -vrije stroprijzen

E I N D T A B E L E A U

	0	1	7	9	10	12	36	37	38	40	41	44	49	51
	beschik- baar (prod.plan)	rogge	suikerbieten	suikerbieten	l.l.v. l.l.d.	aard. poot- gewas	verl. aardapp.	grond aardapp.	max. 1/3 aardapp.	max hakvr.	max. 1/3 haver	3 w mei 90%	7 w. okt/nov 90%	51 verlating haveren tarwe max.
3 haver	7	0	0	0	0	0	0	0.333	0	0	0.333	0	0	0
4 zomertarwe	3.5	1	0	0	0	0	0	0.167	0	-0.5	-0.333	0	0	0
5 suikerbieten v.v.v.	2.218	-0.092	-1	0	0	0	0.703	0.714	0.601	-1.044	0	1	1.351	0
6 suikerbieten v.v.d.	0.797	0.122	1	0	0	0	-0.703	0.622	-0.568	0.959	0	0	-1.351	0
8 suikerbieten l.v.v.	0.485	-0.03	1	1	0	0	0	0.218	-0.367	0.585	0	-1	0	0
13aard. pootaard.vast	7	0	0	0	0	1	0	0.333	0	0	0	0	0	0
35 act.verl.haveren tarwe	3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39 max. 1/4 bieten	7	0	0	0	0	0	0	0.333	1.333	-2	0	0	0	1
45 4 w. juni 90%	0.430	0	0	0	0	0	-0.237	0.173	-0.410	0	0	0	0	0
47 6 w. juli/aug. 80%	1.160	0	0	-0.6	0	-0.2	-0.387	0.077	0.310	0	0	0	0	0.38
48 6 w. sept. 90%	3.020	0.080	0	0	0	0	-0.520	-0.217	-0.187	0.030	0	0	0	-0.38
52 verl. h&t kopp.gewas	7	1	0	0	0	0	0	0.5	0	-0.5	0	0	0	-1
53 verl. A max.	5.4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
54 verl. A kopp.gewas	7	0	0	0	0	0	1	0.333	0.333	0	0	0	0	0
61 Z-C (guldens)	23663,6	50445,0	200,-	200,-	40,-	175.675932,703	13.378	63.56	13.333	195.-	337.838	0	0	0

OPTIMAAL PRODUKTIEPLAN

haver	7 ha	aardappelen	7 ha	v.v.v.	2.2. ha
zomertarwe	3.5 ha	suikerbieten	3.5 ha	v.v.d.	0.8 ha
GRANEN	10.5 ha	HAKVRUCHTEN	10.5 ha	l.v.v.	0.5 ha

UREN OVER IN:	
juni	43
jul/aug	116
sept	30

3.5 ha haver en tarwe is verlaat, dit was niet volledig nodig geweest.

TOTAAL SALDO f 23 660,-

tabel III

- akkerbouw
- vaste arbeiderskern 2 man
- geen mogelijkheid tot aantrekken los personeel
- vrije stroprijzen

E I N D M A T R I X

	0	1	8	36	37	38	41	44	49	51
		rogge	suiker- bieten l.v.v.	activiteit verlating aardapp.	grond	max.1/3 aardapp.	max. 1/3 haver	3 w. mei 90%	7 w. okt/ov 90%	verlating haver tarwe max.
3 Haver	7	0	0	0	0.333	0	1.333	0	0	0
4 Zomertarwe	3.915	0.974	0.855	0	0.353	-0.313	-0.333	-0.855	0	0
5 Suikerbieten v.v.v.	3.084	-0.145	1.785	0.703	-0.324	-0.054	0	-0.785	1.351	0
6 Suikerbieten v.v.d.	0.002	0.171	-1.640	-0.703	0.304	0.034	0	1.640	-1.351	0
13 Aard.pootaard. vast	7	0	0	0	0.333	0.333	0	0	0	0
35 Act.verlat.havci tarwe	3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1
39 Max. bieten	8.658	-0.103	3.419	0	1.080	0.080	0	-3.419	0	0
40 Max. hakvruchten	0.829	-0.051	1.709	0	0.373	-0.627	0	-1.709	0	0
45 4 w. juni 90%	0.770	-0.021	0.701	0	-0.084	-0.084	0	-0.701	0	0
47 6 w. juki/aug. 80%	0.903	0.016	-0.530	0	-0.502	0.118	0	0.530	0	0.380
48 6 w. sept. 90%	2.995	0.082	-0.051	-0.520	-0.228	-0.168	0	0.051	0	-0.380
52 Verlat.haver tarwe kopp.	7.431	0.973	0.889	0	0.694	-0.326	0	-0.889	0	-1
53 Verlating aard.max. gewas	5.4	0	0	1	0	0	0	0	0	0
54 Verlat.aard.kopp.gewas	7	0	0	1	0.333	0.333	0	0	0	0
61 Z-C (guldens)	23.610,90	53,70	-108,65	175,68	908,98	53,22	13,33	303,65	337,84	0

OPTIMAAL PRODUCTIEPLAN

Haver	7 ha	Fabrieksaardapp.	7 ha
Zomertarwe	3.9 ha	Suikerbieten	3.1 ha
GRANEN	10.9 ha	HAKVRUCHTEN	10.1 ha

TOTAAL SALDO f 23 610,-

UREN OVER IN:	
juni	77
jul./aug.	90
sept	300

3.5 ha haver en tarwe is verlaat dit was niet volledig nodig geweest.

Betekenis van de activiteiten en beperkingen in lineaire programmering
Oude Veenkoloniën, Akkerbouwgedeelte

ACTIVITEITEN

no.	gewas of diersoort	uitgedrukt per:
1	rogge	1 ha
3	haver	1 ha
4	zomertarwe	1 ha

Suikerbieten

	<u>dunnen</u>	<u>schoonh.</u>	<u>rooien</u>	
5	vast	vast	vast	1 ha
6	vast	vast	derden	1 ha
7	los	vast	derden	1 ha
8	los	vast	vast	1 ha
9	los	los	vast	1 ha
10	los	los	derden	1 ha

Aardappelen (fabrieksaardappelen geroid door loonwerker)

12	"	pootaardappelen geroid door los personeel	1 ha
13	"	pootaardappelen geroid door vaste kern	1 ha

Verlating

35	haver en zomertarwe	1 ha
36	aardappelen	1 ha

BEPERKINGEN

no.	soort	uitgedrukt per:
37	Grond	1 ha
<u>Vruchtwisseling</u>		
38	aardappelen; maximaal 1/3	verh.cijfers
39	bieten; maximaal 1/4	verh.cijfers
40	hakvruchten; maximaal 1/2	verh.cijfers
41	haver; maximaal 1/3	verh.cijfers
<u>Uren per periode</u>		
44	8-28 mei, 3 weken, 90% werkbaar	100 uren
45	28 mei-25 juni, 4 weken, 90% werkbaar voor verpleging	100 uren
47	17 juli-27 augustus, 6 weken, 80% werkbaar	100 uren
48	28 augustus-7 oktober, 6 weken, 90% werkbaar	100 uren
49	7 oktober-26 november, 7 weken, 90% werkbaar	100 uren
<u>Verlating</u>		
51	haver en tarwe, maximaal toegestaan	1 ha
52	haver en tarwe, koppeling aan oppervlakte gewas	1 ha
53	aardappelen, maximaal toegestaan	1 ha
54	aardappelen, koppeling aan oppervlakte gewas	1 ha
61	Alternatieve kosten minus SALDO	f 1 000,-